

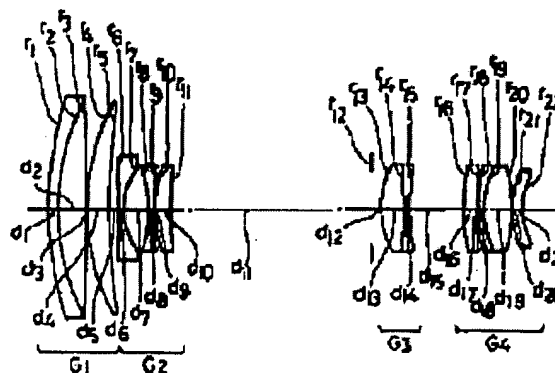
ZOOM LENS

Patent number: JP8160300
Publication date: 1996-06-21
Inventor: NAGAOKA TOSHIYUKI
Applicant: OLYMPUS OPTICAL CO LTD
Classification:
 - international: G02B15/16; G02B13/18
 - european:
Application number: JP19940331419 19941212
Priority number(s):

Abstract of JP8160300

PURPOSE: To provide a small zoom lens of high optical performance by composing it of a first, a second and a third groups and a lens group located closer to the image side than the third group and satisfying a specified condition.

CONSTITUTION: This zoom lens is composed of a first lens group G1, a second lens group G2, a third lens group G3 and a fourth lens group G4, the third lens group G3 is composed of one positive lens and at least two negative lenses and satisfies the following conditions i.e., $-2.0 < f_2 / f_w < -1.0$, $1.2 < \nu_p / \nu_n$, where f_2 : the focal distance of the second lens group G2, f_w : the focal distance of the whole system at the wide-angle end, ν_p : the Abbe number of at least one positive lens of a lens group closest to the image side and ν_n : the Abbe number of at least one negative lens of a lens group closest to the image side.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-160300

(43) 公開日 平成8年(1996)6月21日

(51) Int.Cl.⁶G 0 2 B 15/16
13/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願平6-331419

(22) 出願日 平成6年(1994)12月12日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 永岡 利之

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

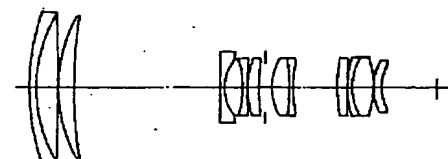
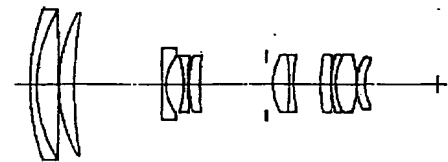
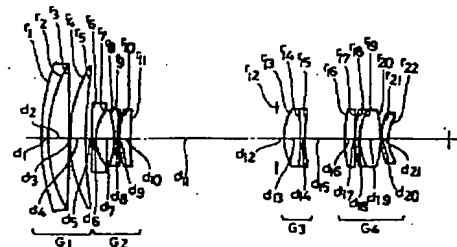
(74) 代理人 弁理士 向 寛二

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、ビデオカメラに適した小型で高い光学性能を有する変倍比が6～8倍程度のズームレンズを提供することを目的とする。

【構成】 本発明のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力を持ちズームングの際可変で主として変倍作用を有する第2レンズ群と、正の屈折力を持ちズームングの際固定の第3レンズ群と、それより像側に配置されるレンズ群とからなり、第3レンズ群が少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成され、最も像側のレンズ群が少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成され最も像側に凹面を像側にに向けた負のメニスカスレンズを配置したものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と負の屈折力を持ちズームの際可変で主として変倍作用を有している第 2 レンズ群と正の屈折力を持ちズームの際固定の第 3 レンズ群と前記第 3 レンズ群よりも像側に位置するレンズ群とからなり、前記第 3 レンズ群が少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズにて構成され、最も像側のレンズ群が少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズにて構成され、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、下記の条件 (1)、(2) を満足するズームレンズ。

$$(1) \quad -2.0 < f_2 / f_W < -1.0$$

$$(2) \quad 1.2 < \nu_p / \nu_n$$

ただし、 f_2 は第 2 レンズ群の焦点距離、 f_W は広角端における全系の焦点距離、 ν_p は最も像側のレンズ群中の少なくとも 1 枚の正レンズの阿ッペ数、 ν_n は最も像側のレンズ群の少なくとも 1 枚の負レンズの阿ッペ数である。

【請求項 2】物体側より順に、正の屈折力を持ちズームの際固定である第 1 レンズ群と、負の屈折力を持ちズームの際可動である第 2 レンズ群と、正の屈折力を持ちズームの際固定である第 3 レンズ群と、正の屈折力を持ちズームの際可動である第 4 レンズ群よりなり、前記第 4 レンズ群の最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであるズームレンズ。

【請求項 3】物体側より順に、正の屈折力を持ちズームの際固定である第 1 レンズ群と、負の屈折力を持ちズームの際可動である第 2 レンズ群と、正の屈折力を持ちズームの際固定である第 3 レンズ群と、正の屈折力を持ちズームの際可動である第 4 レンズ群とよりなり、前記第 3 レンズ群が少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズで構成され、前記第 4 レンズ群が少なくとも 2 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズで構成され、前記第 4 レンズ群の最も像側のレンズが負レンズであるズームレンズ。

【請求項 4】最も像側のレンズ群を光軸を物体側へ移動させて至近距離物点へのフォーカシングを行なう請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ビデオカメラに適した変倍比が 6～8 倍程度で F ナンバーが 2.0 程度の小型で高変倍なズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】ビデオカメラの小型、高機能化および CCD 等の撮像素子の微細化に伴い、レンズ系においても、小型、高変倍および結像性能の高性能化が要求される。

【0003】一般に、小型で高変倍比のズームレンズを得るためには、例えば特開平 4-88309 号公報に記載されたレンズ系のように、正、負、正、正の 4 群ズームレンズ、特開平 5-224125 号公報に記載されたレンズ系のように、正、負、正、正、負の 5 群ズームレンズ等のように、正の屈折力の第 1 レンズ群と負の屈折力の第 2 レンズ群とそれより像側のレンズ群とからなるズームレンズがある。

【0004】上記の従来のズームレンズを含めズームレンズは、一般にズームの際の収差変動を少なくするために、各レンズ群単独で収差が良好に補正されていることが望ましい。しかし上記の従来例は、いずれもレンズ系小型のために各レンズ群の屈折力を強くしているために各レンズ群で発生する諸収差を良好に補正しきれず、CCD 等の撮像素子の微細化にともなう求められる高性能な像が得られない。特に、レンズ系の全長を短くするために、最も変倍に寄与している第 2 レンズ群の屈折力を強くしてズームの際のこの第 2 レンズ群の移動距離を短くしており、第 2 レンズ群で発生する諸収差が大になり又ズームに伴う収差変動が大である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、ビデオカメラに適した小型で高い光学性能を有する変倍比が 6～8 程のズームレンズを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と負の屈折力を持ちズームの際に可動で主として変倍作用を有する第 2 レンズ群と正の屈折力を持ちズームの際に固定である第 3 レンズ群とそれより像側に位置するレンズ群とからなり、最も像側のレンズ群が少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズとに構成され、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、第 3 レンズ群が少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズで構成され、下記条件 (1)、(2) を満足するレンズ系である。

【0007】

$$(1) \quad -2.0 < f_2 / f_W < -1.0$$

$$(2) \quad 1.2 < \nu_p / \nu_n$$

ただし、 f_2 は第 2 レンズ群の焦点距離、 f_W は広角端における全系の焦点距離、 ν_p は最も像側のレンズ群の少なくとも 1 枚の正レンズの阿ッペ数、 ν_n は最も像側のレンズ群の少なくとも 1 枚の負レンズの阿ッペ数である。

【0008】前記のように、物体側より順に、正の屈折力を持ちズームの際固定の第 1 レンズ群と、負の屈折力を持ち、ズームの際に可動である第 2 レンズ群と、正の屈折力を持ちズームの際に固定である第 3 レンズ群と、それより像側に位置しているレンズ群から

なるズームレンズにおいて、結像性能を良好に保ちながらレンズ系の全長を短縮するためには、第2レンズ群の屈折力を強くせずにそれより像側に位置する各レンズ群の屈折力を強めることが望ましい。

【0009】そのため、本発明においては、第2レンズ群の屈折力を条件(1)を満足する範囲に設定した。

【0010】条件(1)の上限値の-2.0を越えると第2レンズ群の屈折力が強くなり、このレンズ群で発生する諸収差特に球面収差、軸上色収差の値が大になりズームミグにともなう収差変動が大になる。また下限の-1.0を越えると第2レンズ群の屈折力が弱くなりズームミグの際のこのレンズ群の移動量が大きくなりレンズ系の全長を短く出来ない。

【0011】又第2レンズ群より像側のレンズ群は、主として第2レンズ群からの発散光束をほぼアフォーカルな光束にする第3レンズ群と、このレンズ群からの光束を結像する作用を持つそれより像側のレンズ群とに分けられる。ここで像側のレンズ群は、結像作用を有するために比較的強い正の屈折力を有している。そのため、第2レンズ群よりも像側に位置しているレンズ群の屈折力を強めてレンズ系の全長を短くしようとすると、最も像側のレンズ群で発生する収差が著しく悪化する。特にこのレンズ群で発生する正のペッツバル和と軸上色収差が大になり、高い結像性能を持つレンズ系を達成するためにはこれら収差を良好に補正する必要がある。

【0012】又、ズームレンズは、ズームミグにともなう収差変動を最小限にする必要があり、各レンズ群単独で諸収差が良好に補正されていることが望ましい。本発明においても、結像作用を有する像側のレンズ群単独でペッツバル和と軸上色収差を良好に補正することが望ましい。

【0013】本発明レンズ系は、ズームミグの際の収差変動を小さくするために第2レンズ群の屈折力を条件(1)を満足するように弱くしている。そのためこのレンズ群で発生する負のペッツバル和が小さく、レンズ系全系の正のペッツバル和が発生する傾向になる。そのため最も像側のレンズで発生する正のペッツバル和を良好に補正する必要がある。以上のように、本発明のレンズ系において、高い結像性能を達成するためには、最も像側のレンズ群で発生する正のペッツバル和と軸上色収差を良好に補正する必要がある。

【0014】これら収差を補正するために、最も像側のレンズ群を、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成し、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つレンズとし、条件(2)を満足することが好ましい。

【0015】一般に、ペッツバル和は、屈折率の高いガラスを正レンズに、屈折率の低いガラスを負レンズを用いることによって補正できる。又色収差は、分散の小さいガラスを正レンズに用い、分散の大きいガラスを負

レンズに用いることにより補正できる。しかし現在利用出来る光学ガラスは、分散の小さいガラスは、屈折率が低く、分散の大きいガラスは屈折率が高い。そのため、ペッツバル和と色収差とを同時に良好に補正することには限界がある。

【0016】本発明では、上記の最も像側のレンズ群で発生する軸上色収差を良好に補正するために、最も像側のレンズ群の少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズのアップベ数の差を大にし、ペッツバル和は、もう1枚の負レンズで補正するようにした。つまり、最も像側の負レンズでペッツバル和を補正し、全体で正の屈折力を持つ低屈折率、低分散ガラスを用いた正レンズと高屈折率、高分散ガラスを用いた負レンズとにより軸上色収差の発生をコントロールしてこのレンズ群内での色収差を良好に補正するようにした。

【0017】このようにして軸上色収差を補正するための条件が条件(2)である。もし条件(2)を満足しないと最も像側のレンズ群で軸上色収差を良好に補正することが困難である。

【0018】更に、ペッツバル和の補正効果を持つ負レンズと、前述のように凹面を像側に向けたメニスカス形状にし、マージナル光線の光線高が比較的低い最も像側に配置することが望ましい。このようにすれば、球面収差やコマ収差を悪化させずにペッツバル和を良好に補正することが出来る。もし、この負レンズが凹面を物体側へ向けたメニスカス形状あるいは両凹形状であると特に高次の球面収差、コマ収差が悪化し好ましくない。

【0019】また、正の屈折力の第3レンズ群は、第2レンズ群からの発散光束を光軸にほぼ平行な光束つまりアフォーカルな光束にする作用を有している。そのため、ズームミグの際の像面位置のずれを補正するいわゆるコンベンセーターの作用は、ズームミグの際の収差変動を小さくするために第3レンズ群よりも像側のレンズ群に持たせるようにし、第3レンズ群はズームミグの際に固定にすることが望ましい。この第3レンズ群には第2レンズ群からの強い発散光束が入射するために、第3レンズ群を可動にしてコンベンセーターの作用を持たせると、ズームミグにともなう収差変動が大になるため好ましくない。

【0020】本発明のズームレンズの第2の構成は、物体側より順に、正の屈折力を持ちズームミグの際に固定である第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームミグの際に可動である第2レンズ群と、正の屈折力を持ちズームミグの際に固定である第3レンズ群と、正の屈折力を持ちズームミグの際に可動である第4レンズ群とからなり、第4レンズ群の最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであることを特徴としている。

【0021】コンパクトで高い結像性能を持つズームレンズを達成するためには、ズームミグの際に正の屈折力

の第1レンズ群を固定とし、負の屈折力の第2レンズ群を可動として主として変倍作用を持たせるようにし、第2レンズ群よりも像側のレンズ群は、ズーミングの際に固定の正の屈折力を持つ第3レンズ群と、ズーミングの際に可動である第4レンズ群とにて構成することが望ましい。

【0022】ズーミングの際に第1レンズ群を固定にするのは、レンズ系を小型にする上で有利であるからである。第1レンズ群は、他のレンズ群と比較して構成するレンズ重量が大であるため、このレンズ群を可動にするのは駆動機構への負担が大になり、小型軽量化の点で好ましくない。また第2レンズ群よりも像側の各レンズ群の屈折力を強くしてレンズ系の全長を短くしようとすると、特に、結像作用を有する第4レンズ群で発生する諸収差特にベッツパール和と軸上色収差の補正が困難になる。そのため、前述のように最も像側のレンズ群の最も像側のレンズを凹面を像側に向けた負のメニスカスレンズにすることによって、第4レンズ群で発生するベッツパール和と軸上色収差とを良好に補正することが可能になり、第2レンズ群より像側のレンズ全長を短く出来る。

【0023】また、上記のような構成にした第4レンズ群に、ズーミングの際の像面位置のずれを補正作用を持たせることが望ましい。この第4レンズ群はレンズ群単独でベッツパール和と軸上色収差を良好に補正し得ることに加えて、第3レンズ群からのほぼアフォーカルな光束が入射するので、このレンズ群にコンベンサーの作用を持たせれば、収差変動を極めて小さくすることが出来る。

【0024】そのため、上記のような本発明の第2の構成では、最も少ないレンズ群で、高性能で小型なズームレンズに仕立て得る。また、このようにレンズ系を構成するレンズ群の数が少ないので、鏡枠構造が簡単になり、レンズ群の偏芯を小さくする点で有利である。特に高性能なズームレンズを達成するためには、レンズ群の偏芯を小さくする必要があり、レンズ系を構成するレンズ群の数が少ないことが望ましい。もし、レンズ系が5群構成や6群構成になると、レンズ群の偏芯が大きくなり高性能なレンズ系を達成することが困難になる。また3群構成では、高性能なレンズ系を達成することが困難である。

【0025】次に本発明の第3の構成のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を持ちズーミングの際固定である第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズーミングの際可動である第2レンズ群と、正の屈折力を持ちズーミングの際固定の第3レンズ群と、正の屈折力を持ちズーミングの際可動である第4レンズ群とよりなり、第3レンズ群が少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズで構成され、第4レンズ群が少なくとも2枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズとにて構成さ

れ、第4レンズ群の最も像側のレンズが負レンズであることを特徴としている。

【0026】コンパクトで高い結像性能を有するズームレンズを達成するためには、ズーミングの際に、正の屈折力を持つ第1レンズ群を固定とし又負の屈折力の第2レンズ群を可動としてこれに主として変倍作用を持たせ、更に正の屈折力の第3レンズ群を固定とし又第4レンズ群を可動にすることが望ましい。

【0027】また本発明のレンズ系は、特に第2レンズ群より像側のレンズ群をコンパクトな構成にして本発明の目的を達成するためにこれらレンズ群の屈折力を強くし、これによって最も像側のレンズ群にて発生するベッツパール和と軸上色収差の補正が困難になる。そのために、第4レンズ群の構成を、主としてベッツパール和の補正作用を持つ最も像側の負レンズと、このレンズ群で発生する軸上色収差を良好に補正するためアッペ数差を大にシトータルで正の屈折力を持つ正レンズと負レンズとに構成している。第4レンズ群をこのような構成にすることによってベッツパール和と軸上色収差を悪化させずにこのレンズ群の屈折力を強くすることが可能になる。しかし、このレンズ群の正の屈折力が強くなると、この第4レンズ群で発生する負の球面収差が大になる。この球面収差を良好に補正するには、第4レンズ群を少なくとも2枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成し、最も像側のレンズが負レンズであることが望ましい。つまり、第4レンズ群を構成する1枚の正レンズと1枚の負レンズのアッペ数差が大で、トータルで正の屈折力を持つように組合わせることにより、主としてこのレンズ群の軸上色収差をコントロールし、最も像側の負レンズにベッツパール和を補正し、加えて正レンズを少なくとも2枚用いることにより、このレンズ群で発生する正の球面収差を良好に補正することが可能である。

【0028】また、ベッツパール和を補正する作用を持つ負レンズを軸上光線高の低い最も像側に配置することにより、高次の球面収差を良好に補正する上で効果的である。この負レンズを最も像側に配置しないとこの負レンズに入射する軸上光線高が高くなり、特に高次の球面収差が発生し、これを第4レンズ群内で良好に補正することが困難になる。

【0029】また、上述の夫々の構成の本発明のズームレンズにおいては、最も像側のレンズ群を物体側に繰り出すことにより近距離物点へのフォーカシングを行なうことが望ましい。

【0030】高性能なレンズ系を達成するためには、フォーカシングの際の収差変動を小さくする必要がある。

【0031】本発明のレンズ系において、フォーカシングの際の収差変動を小さくするためには、最も像側のレンズ群を物体側に繰り出すことによって近距離物点へフォーカシングするのが望ましい。最も像側のレンズ群は、このレンズ群より物体側のレンズ群からのほぼアフ

オーカルな光束が入射するので、この最も像側のレンズ群でフォーカシングを行なえば、フォーカシングの際の収差変動を小さくすることが出来る。フォーカシングによる収差変動を小さくするために、正の屈折力を持つ第1レンズ群によりフォーカシングを行なうことが考えられるが、その場合広い角度で軸外光線を十分に確保する必要上、第1レンズ群内のレンズ径が大になり、このレンズ群が大型になるので好ましくない。また、第1レンズ群あるいは最も像側のレンズ群以外のレンズ群にてフォーカシングを行なうと、フォーカシングの際の収差変動が大になり好ましくない。以上の理由から、本発明のレンズ系においては、最も像側のレンズ群によりフォーカシングを行なうことが望ましい。

【0032】また、上述の各構成の本発明ズームレンズにおいて、ペッツバル和を補正するのに有効な最も像側のレンズの屈折力を、下記条件(3)を満足するように設定することが望ましい。

$$【0033】(3) \quad -1.5 < f_e / f_w < -2$$

ただし、 f_e は最も像側のレンズの焦点距離、 f_w は広角端における全系の焦点距離である。

【0034】この条件(3)の下限の-1.5を越えると、最も像側のレンズの屈折力が弱くなり、ペッツバル和を良好に補正することが困難になる。またもし上限の-2を越えるとペッツバル和が補正過剰になり像面がプラス側に倒れるため好ましくない。

【0035】又、本発明の前述の各構成のズームレンズにおいて、最も像側の負のレンズを下記条件(4)を満足する形状にすることが望ましい。

$$【0036】(4) \quad -8.8 < (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) < -1.6$$

ただし R_{e1} 、 R_{e2} は夫々最も像側の負レンズの物体側の

$$x = \frac{y^2/r}{1 + \sqrt{1 - P(y/r)^2}} + \sum_{i=1}^n A_i y^{2i} \quad (a)$$

【0042】上記式(a)は、 x 軸を光軸方向にとり、 y 軸を光軸と直角方向にとったもので、 r は光軸上の曲率半径、 A_{2i} は非球面係数である。

【0043】更に、本発明の各構成のレンズ系において、最も像側の負レンズがその両面が球面であるメニスカス形状であって、このメニスカスレンズを含む最も像側のレンズ群中に、前記のように少なくとも1枚のレンズの少なくとも1面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような形状の非球面であることが望ましい。

【0044】本発明のレンズ系において、最も像側のレンズ群に少なくとも1面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような形状の非球面である非球面レンズを少なくとも1枚設けることが球面収差の補正にとって望ましい。この球面収差を良好に補正するために非球面レンズを用いる場合、最も像側のレンズ群の中

面および像側の面の曲率半径である。

【0037】もし条件(4)の下限の-8.8を越えると、上記レンズの屈折力が小さくなりペッツバル和を良好に補正することが難しくなる。また条件(4)の上限の-1.6を越えるとこのレンズで発生する負の球面収差、コマ収差が大になり、最も像側のレンズ群単独でこれら収差を補正することが困難になる。

【0038】また、本発明の各構成のレンズ系において、最も像側のレンズ群の少なくとも1枚のレンズの少なくとも1面を光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような形状の非球面にすることが好ましい。

【0039】本発明のレンズ系は、第2レンズ群より像側の各レンズ群の屈折力を弱くしてレンズ系の全長を短くすることを目的としている。しかし最も像側のレンズ群は、結像作用を有して比較強い正の屈折力を持っており、特に正レンズで発生する負の球面収差が大になる傾向にあり、均質球面レンズのみではこれを良好に補正することが困難になる。

【0040】上記の点を解決するためには、最も像側のレンズ群中に少なくとも1面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような形状の非球面であるレンズを少なくとも1枚用いるのが効果的である。最も像側のレンズ群にこのような形状の非球面を用いればこのレンズ群で発生する負の球面収差を良好に補正することが可能になる。もし、光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が強くなるような非球面を用いると負の球面収差の発生量が大になり好ましくない。

【0041】上記の本発明で用いる非球面の形状は、下記式(a)にて表わされる。

の最も像側のレンズ以外のレンズに非球面を用いることが望ましい。

【0045】最も像側のレンズは、他のレンズに比べ軸上光線の光線高が低く、このレンズに非球面を用いても収差補正のための効果が少ない。そのため球面収差を良好に補正するためには、最も像側のレンズ以外のレンズに光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面を用いることが望ましい。

【0046】また本発明の上記各構成のレンズ系において、第1レンズ群の屈折力を下記条件(5)を満足するようにすることが好ましい。

$$【0047】(5) \quad 4 < f_1 / f_w < 8.4$$

ただし f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 f_w は広角端における全系の焦点距離である。

【0048】条件(5)は、本発明のレンズ系が高い結像性能を有するようにするために第1レンズ群の屈折力

を規定する条件である。

【0049】条件(5)の上限の8.4を超えると第1レンズ群の屈折力が弱くなり、レンズ系の全長を短くすることが困難になる。また下限の4を超えると第1レンズ群の屈折力が強くなりすぎて、特に広角側で倍率の色収差の発生が大になり、これを補正することが困難になる。

【0050】又、本発明の上記各構成のレンズ系において、下記条件(6)を満足することが望ましい。

【0051】(6) $0.2 < f_{RW}/f_T < 0.5$
ただし、 f_{RW} は広角端における第2レンズ群よりも像側のレンズ群の合成焦点距離、 f_T は望遠端における全系の焦点距離である。

【0052】条件(6)は、本発明のレンズ系のコンパクトな構成にし、かつ広角端から望遠端まで高い結像性能にするための条件である。条件(6)の上限の0.5を超えると第2レンズ群より像側のレンズ群の合成の屈折力が弱くなり、レンズ系の全長を短くすることが困難になる。また下限の0.2を超えると第2レンズ群より像側のレンズ群の合成の正の屈折力が大になり、特にこれらレンズ群で発生する球面収差、ベッツパール和が大になり、レンズ系全系のズーミングにともなう収差変動が大になる。

【0053】また本発明の前記構成のレンズ系で、第2レンズ群よりも像側のレンズ群全体をコンパクトにするためには、下記条件(7)を満足することが望ましい。

【0054】(7) $0.5 < D_{eW}/f_W < 3.2$
ただし、 D_{eW} は広角端における最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離である。

【0055】最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離 D_e が極端に長いと、第2レンズ群より像側のレンズ群全体の屈折力を弱くする必要があり、第2レンズ群より像側のレンズ群をコンパクトな構成になし得ない。本発明は、条件(7)を満足にすることにより第2レンズ群より像側のレンズ群をコンパクトな構成にすることを可能にした。条件(7)の上限の3.2を超えると第2レンズ群より像側のレンズ群のレンズ全長が長くなる。条件(7)の下限の0.5を超えると像面より物体側にローパスフィルター等の光学素子を配置するスペースがなくなる。

【0056】また、本発明の各構成のレンズ系においてズーミングの際の収差変動を小さくし高い結像性能を有するレンズ系を得るためには、下記条件(8)を満足することが望ましい。

【0057】
(8) $-0.3 < f_2/f_T < -0.1$

条件(8)の下限の-0.3を超えると第2レンズ群の屈折力が弱くなり全長の短いレンズ系を得ることが困難になる。もし上限の-0.1を超えると第2レンズ群の屈折力が弱くなり、特にこのレンズ群で発生する軸上色

収差、球面収差の補正が困難になる。

【0058】また本発明の各構成のレンズ系において、最も像側のレンズ群で発生するベッツパール和を更に良好に補正するためには、下記条件(9)を満足することが望ましい。

【0059】(9) $-1.1 < f_e/f_W < -2.5$
条件(9)の下限の-1.1を超えると最も像側の負レンズの屈折力が小になりベッツパール和を補正することが困難になる。又条件(9)の上限の-2.5を超えると負レンズの屈折力が大になりベッツパール和が補正過剰になる。

【0060】また、本発明の各構成のレンズ系において、最も像側のレンズ群で発生する球面収差を良好に補正するためには、下記条件(10)、(11)を満足することが好ましい。

【0061】(10) $0.5 < R_{e1}/D_{1T} < 3$
(11) $0.2 < R_{e2}/D_{2T} < 1.9$

ただし、 R_{e1} 、 R_{e2} は夫々最も像側のレンズの物体側の面および像側の面の曲率半径、 D_{1T} は望遠端における最も像側のレンズの物体側の面から像面までの距離、 D_{2T} は望遠端における最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離である。

【0062】本発明のレンズ系において、第2レンズ群より像側の各レンズ群の屈折力を強くしてレンズ系の全長を短くしようとすると、主として結像作用を有する最も像側のレンズ群で発生する収差が大になる傾向になる。特にベッツパール和と軸上色収差の発生量が大になるが、前述のようにこの最も像側のレンズ群を少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成することによって良好に補正できる。又この最も像側のレンズ群で発生する特に高次の球面収差およびコマ収差を良好に補正するためには、ベッツパール和の補正作用を有する負レンズを軸上光線高の低い最も像側に配置することが望ましく、更に条件(10)、(11)を満足するようにすることが好ましい。

【0063】最も像側の負レンズにより球面収差およびコマ収差を悪化させずにベッツパール和を良好に補正するためには、理論的にはこのレンズの形状を像点に対してほぼアプラナティックな構成にすることが望ましい。このレンズをこのような構成にすれば、球面収差およびコマ収差を悪化させずに、ベッツパール和を良好に補正することが可能になる。しかし、実際上は、最も像側のレンズ以外のレンズで発生する残存収差を補正するためには、あるいは、各ズーム状態での収差の発生量をバランスさせる必要があり、そのためアプラナティックな条件から若干ずれる場合があり、本発明のレンズ系では、上記の条件(10)、(11)を満足することが望ましい。

【0064】条件(10)の下限の0.5を越えると最も像側のレンズの物体側の面で発生する負の球面収差お

よびコマ収差が大になる。又条件(10)の上限の3を越えるとこの面で発生する負の球面収差およびコマ収差が小になり、最も像側のレンズ群で発生する正の球面収差およびコマ収差が大になり好ましくない。

【0065】条件(11)の下限の0.2を越えると最も像側のレンズの像側の面で発生する高次の正の球面収差およびコマ収差が大になる。また、条件(11)の上限の1.9を越えると、この面で発生する正の球面収差およびコマ収差が小さくなる、最も像側のレンズ群で発生する負の球面収差およびコマ収差が大になる。

【0066】また、本発明のズームレンズは、変倍比が8程度と大きいため、コンパクトなレンズ系にするためには各レンズ群の屈折力を強くする必要がある。このように各レンズ群の屈折力を極端に強くすると、各レンズ群で発生する諸収差が大になり、高性能なレンズ系を得ることが困難になる。そのため、本発明の各構成のレンズ系において、第1レンズ群の屈折力が下記条件(12)を満足するようにすることが好ましい。

【0067】(12) $5 < f_1 / f_W < 8.2$

もし、条件(12)の下限の5を越えると、第1レンズ群の屈折力が強くなり、特に望遠側で発生する軸上色収差の補正が困難になる。又条件(12)の上限の8.2を越えると第1レンズ群の屈折力が弱くなりレンズ系の全長が長くなる。

【0068】又、本発明の前記の各構成のレンズ系において、第2レンズ群が下記条件(13)を満足すれば更に望ましい。

【0069】

(13) $-1.7 < f_2 / f_W < -1.1$

本発明のレンズ系において、特にズームングにともなう収差変動を一層小さくして高性能なレンズ系を得るためには、条件(13)を満足することが好ましい。

【0070】条件(13)の下限の-1.7を越えると第2レンズ群の屈折力が弱くなり、このレンズ群のズームングにともなう移動距離が大になりレンズ系の全長を短くできない。また上限の-1.1を越えると第2レンズ群の負の屈折力が強くなり、このレンズ群で発生する諸収差、特にペッツパール和と正の球面収差が大になり、ズームングにともなう収差変動が大になる。

【0071】また、本発明の前記各構成のレンズ系において一層良好な結像性能を得るためには、最も像側の負レンズの形状が下記条件(14)を満足することが望ましい。

【0072】(14) $-8 < (Re_2 + Re_1) / (Re_2 - Re_1) < -2$

条件(14)の下限の-8を越えるとこの負レンズの屈折力が小になりペッツパール和を良好に補正することが難しくなる。また条件(14)の上限の-2を越えるとこの負レンズで発生する負の球面収差、コマ収差が大になり良好な結像性能を達成することが困難になる。

【0073】また、本発明の上記各構成のレンズ系において、第2レンズ群より像側のレンズ群のトータルの屈折力が下記条件(15)を満足することが望ましい。

【0074】

(15) $0.24 < f_{RW} / f_T < 0.35$

本発明のレンズ系が上記の条件(15)を満足すれば、第2レンズ群より像側のレンズ群で発生する諸収差を更に良好に補正しつつこれらレンズ群の全体のレンズ長を短くすることが可能になる。

【0075】条件(15)の下限を越えると、第2レンズ群より像側のレンズ群全体の屈折力が強くなり、これらレンズ群で発生する諸収差、特に球面収差の補正が困難になる。また上限の0.35を越えると第2レンズ群より像側のレンズ群全体の屈折力が弱くなり、これらレンズ群のレンズ長を短くすることが困難になる。

【0076】また、本発明のズームレンズにおいて、高い結像性能を得るためには、特に色収差を良好に補正する必要がある。しかし、高変倍比でしかもレンズ系の全長を短くするためには各レンズ群の屈折力を強くする必要があり、広角側に比較して特に望遠側において、第2レンズ群で発生する軸上色収差を補正するのが非常に困難である。

【0077】本発明において、下記条件(16)を満足することが色収差の補正にとって望ましい。

【0078】

(16) $-0.25 < f_2 / f_T < -0.16$

望遠端における全系の焦点距離に対して、第2レンズ群の焦点距離が条件(16)を満足すれば、このレンズ群で発生する軸上色収差を良好に補正することが可能になる。条件(16)の下限の-0.25を越えると第2レンズ群の屈折力が弱くなり、レンズ系全長を短くすることが困難になる。また条件(16)の上限の-0.16を越えると望遠側でレンズ系全系に対する第2レンズ群の屈折力が強くなり、望遠側で発生する軸上色収差が大になる。

【0079】また、本発明のレンズ系において、最も像側のレンズ群で発生する球面収差を良好に補正するには、下記条件(17)を満足することが望ましい。

【0080】(17) $0.7 < Re_1 / D_{IT} < 2.3$

条件(17)の下限の0.7を越えると最も像側のレンズの物体側の面で発生する負の球面収差およびコマ収差が大になる。又、条件(17)の上限の2.3を越えるとこの面で発生する負の球面収差およびコマ収差が小さくなり、最も像側のレンズ群で発生する正の球面収差およびコマ収差が大になる。

【0081】また、本発明のレンズ系において最も像側のレンズ群で発生する球面収差を良好に補正するためには、下記条件(18)を満足することが望ましい。

【0082】(18) $0.5 < Re_2 / D_{2T} < 1.4$

条件(18)の下限の0.5を越えると、最も像側のレ

レンズの像側の面で発生する高次の正の球面収差およびコマ収差が大になる。条件(18)の上限の1.4を越えるところの面で発生する正の球面収差およびコマ収差が小になり、最も像側のレンズ群で発生する負の球面収差およびコマ収差が大になる。

【0083】

【実施例】次に本発明のズームレンズの各実施例を示す。

実施例 1

$f = 9.013 \sim 25.682 \sim 71.705$, $F/2.0$, $2\omega = 50.2^\circ \sim 17.5^\circ \sim 6.22^\circ$			
$r_1 = 65.1572$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.85504$	$\nu_1 = 23.78$
$r_2 = 41.7949$	$d_2 = 5.3000$	$n_2 = 1.60520$	$\nu_2 = 65.48$
$r_3 = -554.2452$	$d_3 = 0.1000$		
$r_4 = 40.8760$	$d_4 = 3.8039$	$n_3 = 1.49845$	$\nu_3 = 81.61$
$r_5 = 120.1971$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = -817.2662$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.62032$	$\nu_4 = 63.39$
$r_7 = 11.8578$	$d_7 = 4.4098$		
$r_8 = -24.1270$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$	$\nu_5 = 63.39$
$r_9 = 58.0078$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 24.7087$	$d_{10} = 2.8000$	$n_6 = 1.84281$	$\nu_6 = 21.00$
$r_{11} = 72.8448$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} = \infty$ (絞り)	$d_{12} = 1.1000$		
$r_{13} = 14.9806$ (非球面)	$d_{13} = 4.2686$	$n_7 = 1.60520$	$\nu_7 = 65.48$
$r_{14} = -83.2680$	$d_{14} = 0.8091$	$n_8 = 1.64419$	$\nu_8 = 34.48$
$r_{15} = 35.0842$	$d_{15} = D_3$ (可変)		
$r_{16} = 30.2694$ (非球面)	$d_{16} = 2.6080$	$n_9 = 1.65425$	$\nu_9 = 58.52$
$r_{17} = 261.4063$	$d_{17} = 0.1000$		
$r_{18} = 34.2721$	$d_{18} = 1.0000$	$n_{10} = 1.74706$	$\nu_{10} = 27.79$
$r_{19} = 16.0616$	$d_{19} = 5.2039$	$n_{11} = 1.62032$	$\nu_{11} = 63.39$
$r_{20} = -28.6026$	$d_{20} = 0.1000$		
$r_{21} = 18.6835$	$d_{21} = 1.8251$	$n_{12} = 1.63004$	$\nu_{12} = 35.70$
$r_{22} = 11.5369$			

非球面係数

(第13面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.26231 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.79602 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -0.21577 \times 10^{-10}$

(第16面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.64532 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.65869 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -0.13014 \times 10^{-9}$

f	9.013	25.682	71.705
D_1	1.5	21.4900	36.0930
D_2	36.5422	16.5616	2.0017
D_3	9.7755	6.5681	10.8647
D_3'	9.688	5.956	6.262
$f_2 / f_W = -1.58$, $\nu_p / \nu_n = 2.28$, $f_e / f_W = -5.92$			
$f_1 / f_W = 6.83$, $(Re_2 + Re_1) / (Re_2 - Re_1) = -4.23$			
$Re_1 / D_{1T} = 1.21$, $Re_2 / D_{2T} = 0.85$, $f_{RW} / f_T = 0.28$			
$D_{2W} / f_W = 1.64$, $f_2 / f_T = -0.20$, $f_3 / f_4 = 1.60$			

【0084】実施例 2

$f = 8.994 \sim 25.562 \sim 71.508$, $F/2.0$, $2\omega = 51.26^\circ \sim 17.68^\circ \sim 6.62^\circ$			
$r_1 = 62.7632$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.85504$	$\nu_1 = 23.78$
$r_2 = 39.9288$	$d_2 = 5.3000$	$n_2 = 1.60520$	$\nu_2 = 65.48$
$r_3 = -342.5121$	$d_3 = 0.1000$		
$r_4 = 36.3601$	$d_4 = 3.8000$	$n_3 = 1.45720$	$\nu_3 = 90.31$
$r_5 = 110.0863$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 62.3425$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.62032$	$\nu_4 = 63.39$

$r_7 = 13.8384$	$d_7 = 4.4000$		
$r_8 = -20.7967$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$	$\nu_5 = 63.39$
$r_9 = 16.5809$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 14.0319$ (非球面)	$d_{10} = 2.4000$	$n_6 = 1.84281$	$\nu_6 = 21.00$
$r_{11} = 27.1111$ (非球面)	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} = \infty$ (絞り)	$d_{12} = 1.0000$		
$r_{13} = 15.5365$ (非球面)	$d_{13} = 1.8000$	$n_7 = 1.62032$	$\nu_7 = 63.39$
$r_{14} = 375.2226$	$d_{14} = 0.1000$		
$r_{15} = 10.9958$	$d_{15} = 2.8000$	$n_8 = 1.60520$	$\nu_8 = 65.48$
$r_{16} = 47.2402$	$d_{16} = 0.9399$		
$r_{17} = 87.5857$	$d_{17} = 0.8000$	$n_9 = 1.65258$	$\nu_9 = 31.23$
$r_{18} = 8.6354$	$d_{18} = D_3$ (可変)		
$r_{19} = 28.6587$ (非球面)	$d_{19} = 2.0585$	$n_{10} = 1.65425$	$\nu_{10} = 58.52$
$r_{20} = 12074.8350$	$d_{20} = 0.8000$	$n_{11} = 1.63004$	$\nu_{11} = 35.70$
$r_{21} = 23.7854$	$d_{21} = 0.1000$		
$r_{22} = 14.9214$	$d_{22} = 5.8256$	$n_{12} = 1.62032$	$\nu_{12} = 63.39$
$r_{23} = -25.8534$	$d_{23} = 0.1000$		
$r_{24} = 16.5497$	$d_{24} = 1.8000$	$n_{13} = 1.63004$	$\nu_{13} = 35.70$
$r_{25} = 11.4178$			

非球面係数

(第 10 面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.73387 \times 10^{-4}$, $A_6 = 0.29033 \times 10^{-7}$ $A_8 = 0.67428 \times 10^{-8}$ (第 11 面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.53619 \times 10^{-4}$, $A_6 = 0.13503 \times 10^{-6}$ $A_8 = 0.80688 \times 10^{-8}$ (第 13 面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.22486 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.42657 \times 10^{-7}$ $A_8 = 0.48546 \times 10^{-9}$ (第 19 面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.10085 \times 10^{-3}$, $A_6 = -0.22825 \times 10^{-6}$ $A_8 = -0.36735 \times 10^{-8}$

f 8.994 25.562 71.508

D1 1.5 19.1760 31.9687

D2 32.4969 14.8189 2.0017

D3 8.6539 5.2209 9.4008

D3' 8.563 4.611 4.769

 $f_2 / f_W = -1.39$, $\nu_p / \nu_n = 1.64$, $f_e / f_W = -7.56$ $f_1 / f_W = 6.36$, $(R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -5.45$ $R_{e1} / D_{1T} = 1.57$, $R_{e2} / D_{2T} = 1.31$, $f_{RW} / f_T = 0.27$ $D_{2W} / f_W = 1.05$, $f_2 / f_T = -0.18$, $f_3 / f_4 = 1.39$

【0085】実施例 3

 $f = 9.064 \sim 22.381 \sim 53.524$, $F / 2.0$, $2\omega = 50.38^\circ \sim 20.02^\circ \sim 8.28^\circ$ $r_1 = 57.5850$ $d_1 = 1.8000$ $n_1 = 1.84281$ $\nu_1 = 21.00$ $r_2 = 38.3498$ $d_2 = 5.3000$ $n_2 = 1.60520$ $\nu_2 = 65.48$ $r_3 = -281.7420$ $d_3 = 0.1000$ $r_4 = 32.2623$ $d_4 = 3.8008$ $n_3 = 1.49845$ $\nu_3 = 81.61$ $r_5 = 81.4762$ $d_5 = D_1$ (可変) $r_6 = -2087.8956$ $d_6 = 1.0000$ $n_4 = 1.62032$ $\nu_4 = 63.39$ $r_7 = 11.3242$ $d_7 = 4.4098$ $r_8 = -18.7185$ $d_8 = 1.0000$ $n_5 = 1.62032$ $\nu_5 = 63.39$ $r_9 = 50.6768$ $d_9 = 0.2000$ $r_{10} = 26.2139$ $d_{10} = 2.4112$ $n_6 = 1.84281$ $\nu_6 = 21.00$ $r_{11} = 111.5478$ $d_{11} = D_2$ (可変)

$r_{12} = \infty$ (絞り)	$d_{12} = 1.0000$		
$r_{13} = 21.8683$ (非球面)	$d_{13} = 2.0000$	$n_7 = 1.64254$	$\nu_7 = 60.09$
$r_{14} = 55.1948$	$d_{14} = 0.1000$		
$r_{15} = 12.5060$	$d_{15} = 2.8104$	$n_8 = 1.64254$	$\nu_8 = 60.09$
$r_{16} = -175.4794$	$d_{16} = 0.9000$	$n_9 = 1.63004$	$\nu_9 = 35.70$
$r_{17} = 13.9236$	$d_{17} = D_3$ (可変)		
$r_{18} = 24.9577$ (非球面)	$d_{18} = 3.0000$	$n_{10} = 1.69979$	$\nu_{10} = 55.53$
$r_{19} = -18.4983$	$d_{19} = 0.8039$	$n_{11} = 1.67158$	$\nu_{11} = 33.04$
$r_{20} = 67.7348$	$d_{20} = 0.1000$		
$r_{21} = 17.8726$	$d_{21} = 2.2093$	$n_{12} = 1.65425$	$\nu_{12} = 58.52$
$r_{22} = -35.6769$	$d_{22} = 0.1000$		
$r_{23} = 21.0041$	$d_{23} = 1.6200$	$n_{13} = 1.63004$	$\nu_{13} = 35.70$
$r_{24} = 9.6502$			

非球面係数

(第13面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.29067 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.78629 \times 10^{-7}$
 $A_8 = 0.34758 \times 10^{-9}$

(第18面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.10508 \times 10^{-3}$, $A_6 = -0.25859 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -0.26124 \times 10^{-8}$

f	9.064	22.381	53.524
D_1	1.5	15.6062	26.2099
D_2	26.6714	12.5812	2.0017
D_3	8.3126	6.1842	9.0885
D_3'	8.221	5.710	6.427
$f_2 / f_W = -1.37$	$\nu_p / \nu_n = 1.68$	$f_e / f_W = -3.31$	
$f_1 / f_W = 5.54$	$(Re_2 + Re_1) / (Re_2 - Re_1) = -2.70$		
$Re_1 / D_{1T} = 1.62$	$Re_2 / D_{2T} = 0.85$	$f_{RW} / f_T = 0.32$	
$D_{2W} / f_W = 1.34$	$f_2 / f_T = -0.23$	$f_3 / f_4 = 1.49$	

【0086】実施例4

$f = 9.021 \sim 22.133 \sim 53.503$, $F/2.0$, $2\omega = 51.62^\circ \sim 20.42^\circ \sim 8.32^\circ$			
$r_1 = 52.3846$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.84281$	$\nu_1 = 21.00$
$r_2 = 35.2212$	$d_2 = 5.3000$	$n_2 = 1.60520$	$\nu_2 = 65.48$
$r_3 = -311.6776$	$d_3 = 0.1000$		
$r_4 = 29.6916$	$d_4 = 3.8008$	$n_3 = 1.43985$	$\nu_3 = 94.97$
$r_5 = 76.5519$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 77.7855$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.62032$	$\nu_4 = 63.39$
$r_7 = 12.7997$	$d_7 = 3.8497$		
$r_8 = -39.1256$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$	$\nu_5 = 63.39$
$r_9 = 58.6801$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 16.3054$	$d_{10} = 2.2005$	$n_6 = 1.84281$	$\nu_6 = 21.00$
$r_{11} = 45.4293$	$d_{11} = 1.4000$		
$r_{12} = -22.4548$	$d_{12} = 1.0092$	$n_7 = 1.62032$	$\nu_7 = 63.39$
$r_{13} = 30.1883$	$d_{13} = D_2$ (可変)		
$r_{14} = \infty$ (絞り)	$d_{14} = 1.0000$		
$r_{15} = 14.3177$ (非球面)	$d_{15} = 2.0000$	$n_8 = 1.62032$	$\nu_8 = 63.39$
$r_{16} = 180.6061$	$d_{16} = 0.1000$		
$r_{17} = 11.6767$	$d_{17} = 2.5656$	$n_9 = 1.64254$	$\nu_9 = 60.09$
$r_{18} = -53.0273$	$d_{18} = 0.9000$	$n_{10} = 1.63004$	$\nu_{10} = 35.70$
$r_{19} = 9.1445$	$d_{19} = D_3$ (可変)		
$r_{20} = 22.8697$ (非球面)	$d_{20} = 2.4398$	$n_{11} = 1.69979$	$\nu_{11} = 55.53$
$r_{21} = -39.9919$	$d_{21} = 0.8017$	$n_{12} = 1.67158$	$\nu_{12} = 33.04$

$r_{22}=30.5000$ $d_{22}=0.1000$
 $r_{23}=13.4165$ $d_{23}=3.0355$ $n_{13}=1.65425$ $\nu_{13}=58.52$
 $r_{24}=-27.6806$ $d_{24}=0.1000$
 $r_{25}=17.8990$ $d_{25}=1.5019$ $n_{14}=1.63004$ $\nu_{14}=35.70$
 $r_{26}=8.2800$

非球面係数

(第15面) $P=1.0000$, $A_4=-0.43008 \times 10^{-4}$, $A_6=-0.84119 \times 10^{-7}$
 $A_8=0.36356 \times 10^{-9}$, $A_{10}=0.10691 \times 10^{-10}$
 (第20面) $P=1.0000$, $A_4=-0.13801 \times 10^{-3}$, $A_6=-0.52879 \times 10^{-6}$
 $A_8=-0.12905 \times 10^{-8}$, $A_{10}=-0.10450 \times 10^{-9}$

f 9.021 22.133 53.503
 D_1 1.5 13.9496 23.5866
 D_2 24.1218 11.6573 2.0017
 D_3 8.0314 5.4870 7.3615
 D_3' 7.937 5.018 4.646

$f_2/f_W=-1.37$, $\nu_p/\nu_n=1.68$, $f_e/f_W=-2.88$
 $f_1/f_W=5.46$, $(Re_2+Re_1)/(Re_2-Re_1)=-2.72$
 $Re_1/D_{1T}=1.57$, $Re_2/D_{2T}=0.84$, $f_{RW}/f_T=0.29$
 $D_{2W}/f_W=1.01$, $f_2/f_T=-0.20$, $f_3/f_4=1.22$

【0087】実施例5

$f=9.0 \sim 25.585 \sim 71.379$, $F/2.8$, $2\omega=50.56^\circ \sim 17.5^\circ \sim 6.2^\circ$
 $r_1=64.8796$ $d_1=1.8000$ $n_1=1.81265$ $\nu_1=25.43$
 $r_2=37.0499$ $d_2=5.3000$ $n_2=1.62032$ $\nu_2=63.39$
 $r_3=-300.9125$ $d_3=0.1000$
 $r_4=34.1165$ $d_4=3.8000$ $n_3=1.43985$ $\nu_3=94.97$
 $r_5=114.5311$ $d_5=D_1$ (可変)
 $r_6=183.0792$ $d_6=1.0000$ $n_4=1.65425$ $\nu_4=58.52$
 $r_7=15.2854$ $d_7=3.5200$
 $r_8=-50.4779$ $d_8=1.0000$ $n_5=1.64254$ $\nu_5=60.09$
 $r_9=14.8228$ $d_9=0.2000$
 $r_{10}=15.3225$ $d_{10}=2.2000$ $n_6=1.81265$ $\nu_6=25.43$
 $r_{11}=136.8865$ $d_{11}=2.5000$
 $r_{12}=-21.5253$ $d_{12}=1.0000$ $n_7=1.64254$ $\nu_7=60.09$
 $r_{13}=-270.0894$ $d_{13}=D_2$ (可変)
 $r_{14}=\infty$ (絞り) $d_{14}=1.0000$
 $r_{15}=14.5161$ (非球面) $d_{15}=1.8000$ $n_8=1.62032$ $\nu_8=63.39$
 $r_{16}=30.8071$ $d_{16}=0.1000$
 $r_{17}=10.7729$ $d_{17}=2.1468$ $n_9=1.62032$ $\nu_9=63.39$
 $r_{18}=-81.8844$ $d_{18}=0.7390$
 $r_{19}=127.6552$ $d_{19}=0.8000$ $n_{10}=1.67158$ $\nu_{10}=33.04$
 $r_{20}=9.1210$ $d_{20}=D_3$ (可変)
 $r_{21}=15.1686$ (非球面) $d_{21}=1.0000$ $n_{11}=1.67766$ $\nu_{11}=32.10$
 $r_{22}=10.3530$ $d_{22}=3.7253$ $n_{12}=1.62032$ $\nu_{12}=63.39$
 $r_{23}=-55.1143$ $d_{23}=0.1000$
 $r_{24}=10.2309$ $d_{24}=1.6700$ $n_{13}=1.63004$ $\nu_{13}=35.70$
 $r_{25}=7.7800$

非球面係数

(第15面) $P=1.0000$, $A_4=-0.73535 \times 10^{-4}$, $A_6=-0.37092 \times 10^{-6}$
 $A_8=-0.15315 \times 10^{-8}$
 (第21面) $P=1.0000$, $A_4=-0.66331 \times 10^{-4}$, $A_6=-0.26794 \times 10^{-6}$

$$A_8 = -0.26836 \times 10^{-8}$$

f	9.0	25.585	71.379
D ₁	1.5	17.7038	30.1528
D ₂	30.1516	13.9482	1.5
D ₃	8.1486	4.3038	8.3022
D ₃ '	8.056	3.685	3.688
$f_2 / f_W = -1.30, \nu_p / \nu_n = 1.97, f_e / f_W = -7.78$			
$f_1 / f_W = 6.07, (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -7.35$			
$R_{e1} / D_{1T} = 0.74, R_{e2} / D_{2T} = 0.64, f_{RW} / f_T = 0.25$			
$D_{2W} / f_W = 1.36, f_2 / f_T = -0.16, f_3 / f_4 = 1.19$			

【0088】実施例6

$f = 9.0 \sim 21.0 \sim 72.01, F/2.0, 2\omega = 50.84^\circ \sim 21.58^\circ \sim 6.28^\circ$			
$r_1 = 64.6954$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.85504$	$\nu_1 = 23.78$
$r_2 = 42.2084$	$d_2 = 5.5000$	$n_2 = 1.57098$	$\nu_2 = 71.30$
$r_3 = -280.6037$	$d_3 = 0.1000$		
$r_4 = 34.9796$	$d_4 = 3.8403$	$n_3 = 1.49845$	$\nu_3 = 81.61$
$r_5 = 84.5985$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 248.1660$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.57098$	$\nu_4 = 71.30$
$r_7 = 13.0068$	$d_7 = 7.4745$		
$r_8 = -20.2922$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$	$\nu_5 = 63.39$
$r_9 = 22.8649$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 20.8259$	$d_{10} = 2.8000$	$n_6 = 1.84281$	$\nu_6 = 21.00$
$r_{11} = 54.3326$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} = \infty$ (絞り)	$d_{12} = 1.1000$		
$r_{13} = 17.7996$ (非球面)	$d_{13} = 5.4995$	$n_7 = 1.57098$	$\nu_7 = 71.30$
$r_{14} = -49.6021$	$d_{14} = 0.6000$		
$r_{15} = 169.8839$	$d_{15} = 0.9000$	$n_8 = 1.65258$	$\nu_8 = 31.23$
$r_{16} = 31.3011$	$d_{16} = D_3$ (可変)		
$r_{17} = 22.1068$ (非球面)	$d_{17} = 3.2000$	$n_9 = 1.65425$	$\nu_9 = 58.52$
$r_{18} = -73.2740$	$d_{18} = 0.1000$		
$r_{19} = -1818.4423$	$d_{19} = 1.0000$	$n_{10} = 1.74706$	$\nu_{10} = 27.79$
$r_{20} = 27.5781$	$d_{20} = 0.5000$		
$r_{21} = 21.6927$	$d_{21} = 4.7382$	$n_{11} = 1.57098$	$\nu_{11} = 71.30$
$r_{22} = -38.8085$	$d_{22} = 0.1000$		
$r_{23} = 18.8198$	$d_{23} = 1.8500$	$n_{12} = 1.63004$	$\nu_{12} = 35.70$
$r_{24} = 11.5212$			

非球面係数

$$\text{(第13面)} P = 1.0000, A_4 = -0.31464 \times 10^{-4}, A_6 = -0.67673 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -0.34952 \times 10^{-10}$$

$$\text{(第17面)} P = 1.0000, A_4 = -0.46831 \times 10^{-4}, A_6 = -0.57996 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 0.10817 \times 10^{-9}$$

f	9	21	72.01
D ₁	1.5	16.8044	32.0733
D ₂	32.6041	17.2999	2.0
D ₃	14.2571	10.2962	10.7565
D ₃ '	14.1731	10.2522	6.0955
$f_2 / f_W = -1.30, \nu_p / \nu_n = 2.28, f_e / f_W = -5.81$			
$f_1 / f_W = 6.57, (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -4.16$			
$R_{e1} / D_{1T} = 1.03, R_{e2} / D_{2T} = 0.70, f_{RW} / f_T = 0.31$			
$D_{2W} / f_W = 1.44, f_2 / f_T = -0.198, f_3 / f_4 = 1.29$			

ただし r_1, r_2, \dots はレンズ各面の曲率半径、 d_1, d_2, \dots は各レンズの肉厚およびレンズ間隔、 n_1, n_2, \dots は各レンズのe線の屈折率、 ν_1, ν_2, \dots は各レンズのアッペ数である。

【0089】実施例1は、図1に示す構成で、ズームの際に固定で正の屈折力を持つ第1レンズ群G₁と、負の屈折力を持ちズームの際に光軸上を前後に移動して変倍作用を行なう第2レンズ群G₂と、ズームの際に固定で正の屈折力を持つ第3レンズ群G₃と、正の屈折力を持ちズームの際に可動で変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を有する第4レンズ群G₄よりなる。尚図1は、上段より広角端、中間焦点距離、望遠端を示している。

【0090】又各レンズ群は、夫々次の通りのレンズ構成である。

【0091】第1レンズ群G₁は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとよりなり、軸上物点に対する光束を狭くする作用と軸外物点から出た光束を第2レンズ群G₂へ導く作用を有する。

【0092】第2レンズ群G₂は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとからなり、広角端から望遠端へのズームの際に物体側から像側に移動することにより変倍作用を有する。

【0093】第3レンズ群G₃は、物体側より順に正レンズと負レンズとからなり、ズームの際に固定であり、第2レンズ群G₂からの発散光束をほぼアフォーカルな光束にする作用を持っている。

【0094】第4レンズ群G₄は、物体側より順に、正レンズと、負レンズと正レンズとからなる接合レンズと、負レンズとからなりズームの際に可動でズームにともなう像面位置のずれを補正する作用を有している。

【0095】この実施例1のズームレンズは、第3レンズ群の最も物体側のレンズの物体側の面と第4レンズ群の最も物体側のレンズの物体側の面を光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面形状とし、主として各レンズ群にて発生する球面収差を良好に補正するようにしている。

【0096】また、実施例1のズームレンズは、第4レンズ群G₄の最も像側の負レンズでペッツバル和を良好に補正し、この負レンズよりも物体側の接合レンズにより第4レンズ群G₄で発生する色収差を良好に補正している。

【0097】一般に光学レンズとして利用できるガラスの組合わせでは、ペッツバル和と色収差の補正には限界がある。この実施例1は、以下のようなアッペ数の大きな二つのガラスを組合わせることにより色収差を良好に補正している。つまり負レンズが屈折率 $n=1.74077$ 、アッペ数 $\nu=27.79$ 、正レンズが屈折率 $n=1.61800$ 、アッペ数 $\nu=63.38$ である。

【0098】更に実施例1は、最も像側の負レンズにより主としてこの第4レンズ群G₄のペッツバル和を良好に補正している。また、この負レンズが軸上光線高の低い最も像側に配置されており、凹面を像側に向けたメニスカス形状にしたことにより球面収差、コマ収差を悪化させずにペッツバル和を良好に補正している。

【0099】また、第4レンズ群と物体側に繰り出して至近距離物点へのフォーカシングを行なっている。

【0100】この実施例1の収差状況は、図7乃至図12に示す通りで、無限遠から至近距離物点まで高い光学性能を有することがわかる。

【0101】実施例2は、図2に示す構成で、物体側より順に、ズームの際に固定で正の屈折力を持つ第1レンズ群G₁と、負の屈折力を持ちズームの際に光軸上を前後に移動することにより変倍作用をもつ第2レンズ群G₂と、ズームの際に固定で正の屈折力を持つ第3レンズ群G₃と、正の屈折力を持ちズームの際に可動で変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を有している第4レンズ群よりなっている。

【0102】そして、第1レンズ群G₁は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群G₂は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとからなり、第3レンズ群G₃は、物体側より順に、正レンズと正レンズと負レンズとからなり、第4レンズ群は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなっている。これらレンズ群の作用は、実施例1とほぼ同じである。

【0103】実施例2は、レンズ系の全長が実施例1に比べて更に1割程度短くなっているが、本発明の各条件を満足することにより高い光学性能を有している。この実施例2は、第3レンズ群G₃の最も物体側のレンズの物体側の面を、光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面を用いて、この第3レンズ群で発生する負の球面収差を良好に補正している。また、第4レンズ群G₄の最も物体側のレンズの物体側の面を光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面を用いて、このレンズ群G₄で発生する負の球面収差を良好に補正している。

【0104】また、高い結像性能を維持したままレンズ系の全長を短くするためには、最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離D_{2W}を適当な値にすることが望ましく、この実施例2は次の条件(19)を満足するようにしている。

【0105】(19) $0.9 < D_{2W}/f_W < 2.3$
条件(19)の下限の0.9を越えると、像面より物体側にローパスフィルター等を配置することが困難になる。又上限の2.3を越えると第2レンズ群以降のレンズ群(第3レンズ群、第4レンズ群)のレンズ長が長くなる。

【0106】この実施例2の収差状況は、図13乃至図

18に示す通りで高い光学性能を有している。

【0107】実施例3は、図3に示す通りの構成で、ズーミングの際固定で正の屈折力を持つ第1レンズ群G₁と、負の屈折力を持ちズーミングに際して光軸上を前後に移動することにより変倍作用を行なう第2レンズ群G₂と、ズーミングの際固定で正の屈折力を持つ第3レンズ群G₃と、正の屈折力を持ちズーミングに際して可動で変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持つ第4レンズ群G₄とよりなる。

【0108】第1レンズ群G₁は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群G₂は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとからなり、第3レンズ群G₃は、物体側より順に、正レンズと正レンズと負レンズとからなり、第4レンズ群G₄は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと負レンズとよりなり、これらレンズ群の作用は実施例1とほぼ同じである。

【0109】又、第3レンズ群の最も物体側のレンズの物体側の面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなる非球面で、この第3レンズ群G₃で発生する負の球面収差を良好に補正している。また第4レンズ群G₄の最も物体側のレンズの物体側の面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなって行く非球面で、これによりこの第4レンズ群G₄で発生する負の球面収差を良好に補正している。

【0110】この第3の実施例のように、第2レンズ群G₂の像側を正の屈折力の第3レンズ群G₃と正の屈折力の第4レンズ群にて構成する場合、これらレンズ群の屈折力を下記条件(20)を満足することが好ましい。

【0111】(20) $1 < f_3 / f_4 < 2$
ただし、 f_3 、 f_4 は夫々第3レンズ群G₃および第4レンズ群G₄の焦点距離である。

【0112】この条件(20)を満足すれば、これら第3、第4レンズ群で発生する諸収差を良好に補正したままこれらレンズ群全体のレンズ全長を短くできる。条件(20)の下限の1.1を越えると第3レンズ群G₃に対して第4レンズ群G₄の屈折力が強くなりこのレンズ群で発生する軸上色収差およびベッツバール和が大になり好ましくない。又上限の2を越えると第3レンズ群G₃の屈折力が強くなりこのレンズ群で発生する球面収差が大になり好ましくない。

【0113】この実施例3の収差状況は、図19乃至図24に示す通りで、高い光学性能を有している。

【0114】実施例4は、図4に示すレンズ構成で、ズーミングの際固定で正の屈折力を持つ第1レンズ群G₁と、負の屈折力を持ちズーミングに際して光軸上を移動して変倍作用を行なう第2レンズ群G₂と、ズーミングの際固定で正の屈折力を持つ第3レンズ群G₃と、正の屈折力を持ちズーミングに際して可動であり変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持つ第4レンズ群と

からなる。

【0115】そして第1レンズ群G₁は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群G₂は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなり、第3レンズ群G₃は、物体側より順に、正レンズと正レンズと負レンズとからなり、第4レンズ群G₄は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなる。これら各レンズ群の作用は実施例1と同様である。

【0116】又、第3レンズ群G₃の最も物体側のレンズの物体側の面を光軸から周辺へ行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面にし、このレンズ群で発生する負の球面収差を良好に補正している。又第4レンズ群G₄の最も物体側のレンズの物体側の面を光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面を用いてこのレンズ群で発生する負の球面収差を良好に補正している。

【0117】この実施例4は、実施例3と比較して第2レンズ群G₂の屈折力を強くしてズーミングの際のこのレンズ群G₂の移動量を少なくしてレンズ全長を短くしている。第2レンズ群G₂の構成は、このレンズ群G₂で発生する諸収差、特に軸上色収差を良好に補正するために物体側より順に負レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズの4枚構成にした。

【0118】実施例4の収差状況は、図25乃至図30に示す通りであって、高い光学性能を有している。

【0119】実施例5は、図5に示す構成で、ズーミングの際固定で正の屈折力を持つ第1レンズ群G₁と、負の屈折力を持ちズーミングに際して光軸上を前後に移動して変倍作用を行なう第2レンズ群G₂と、ズーミングの際固定で正の屈折力を持つ第3レンズ群G₃と、正の屈折力を持ちズーミングに際して可動で変倍にともなう像面のずれを補正する作用を持つ第4レンズ群G₄とよりなっている。

【0120】又第1レンズ群G₁は、物体側より順に負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群G₂は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなり、第3レンズ群G₃は、物体側より順に、正レンズと正レンズと負レンズとからなり、第4レンズ群G₄は、物体側より順に、負レンズと正レンズと負レンズとよりなり、これら各レンズ群の作用は実施例1と同様である。

【0121】この実施例5の収差状況は、図31乃至図36に示す通りである。

【0122】実施例6は、図6に示す構成であって、ズーミングの際固定である正の屈折力を持つ第1レンズ群G₁と、負の屈折力を持ちズーミングに際して光軸上を前後に移動して主として変倍作用を有する第2レンズ群G₂と、正の屈折力を持ちズーミングに際して光軸上を前後に移動して主として第2レンズ群とともに変倍作用

を行なう第3レンズ群G₃と、正の屈折力を持ちズームに際して可動で主として変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を有する第4レンズ群G₄とからなっている。

【0123】又、第1レンズ群G₁は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群G₂は物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとよりなり、第3レンズ群G₃は、物体側より順に、正レンズと負レンズとからなり、第4レンズ群G₄は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなっている。

【0124】この実施例6は、各レンズ群の作用が実施例1とほぼ同様である。

【0125】この実施例6の収差状況は、図37乃至図42に示す通りで、高い光学性能を有している。

【0126】尚、各実施例のデータ一中可変間隔D₃'は、物体距離1000mmフォーカシングした時のD₃の値である。

【0127】以上述べた本発明は、特許請求の範囲に記載したズームレンズの他に、下記の各項に記載した構成のズームレンズも含まれる。

(1) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4に記載されたズームレンズであって、下記の条件(3)を満足するレンズ系。

$$【0128】(3) \quad -1.5 < f_e / f_W < -2$$

(2) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(4)を満足するレンズ系。

$$【0129】(4) \quad -8.8 < (Re_2 + Re_1) / (Re_2 - Re_1) < -1.6$$

(3) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4、あるいは前記(1)又は(2)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(5)を満足するレンズ系。

$$【0130】(5) \quad 4 < f_1 / f_W < 8.4$$

(4) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)又は(3)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(6)を満足するレンズ系。

$$【0131】(6) \quad 0.2 < f_{RW} / f_T < 0.5$$

(5) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)又は(4)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(7)を満足するレンズ系。

$$【0132】(7) \quad 0.5 < D_{eW} / f_W < 3.2$$

(6) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)又は(5)に記載されたズームレンズであって、下記の条件(8)を満足するレンズ系。

【0133】

$$(8) \quad -0.3 < f_2 / f_T < -0.1$$

(7) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)又は(6)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(9)を満足するレンズ系。

$$【0134】(9) \quad -1.1 < f_e / f_W < -2.5$$

(8) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4、あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)又は(7)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(10)を満足するレンズ系。

$$【0135】(10) \quad 0.5 < Re_1 / D_{1T} < 3$$

(9) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、

(6)、(7)又は(8)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(11)を満足するレンズ系。

$$【0136】(11) \quad 0.2 < Re / D_{2T} < 1.9$$

(10) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)又は(9)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(12)を満足するレンズ系。

$$【0137】(12) \quad 5 < f_1 / f_W < 8.2$$

(11) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)又は(10)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(13)を満足するレンズ系。

【0138】

$$(13) \quad -1.7 < f_2 / f_W < -1.1$$

(12) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)又は(11)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(14)を満足するレンズ系。

$$【0139】(14) \quad -8 < (Re_2 + Re_1) / (Re_2 - Re_1) < -2$$

(13) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)又は(12)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(15)を満足するレンズ系。

【0140】

$$(15) \quad 0.24 < f_{RW} / f_T < 0.35$$

(14) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)又は(13)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(16)を満足するレンズ系。

【0141】

(16) $-0.25 < f_2 / f_T < -0.16$

(15) 特許請求の範囲の請求項 1, 2, 3 又は 4 あるいは前記の (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13) 又は (14) の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件 (17) を満足するレンズ系。

【0142】(17) $0.7 < R_{e1} / D_{1T} < 2.3$

(16) 特許請求の範囲の請求項 1, 2, 3 又は 4 あるいは前記の (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14) 又は (15) に記載されたズームレンズであって、下記の条件 (18) を満足するレンズ系。

【0143】(18) $0.5 < R_{e2} / D_{2T} < 1.4$

(17) 特許請求の範囲の請求項 1, 2, 3 又は 4 あるいは前記の (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)、(15) 又は (16) の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件 (19) を満足するレンズ系。

【0144】(19) $0.9 < D_{eW} / f_W < 2.3$

(18) 特許請求の範囲の請求項 1, 2, 3 又は 4、あるいは前記の (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)、(15)、(16) 又は (17) の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件 (20) を満足するレンズ系。

【0145】(20) $1.1 < f_3 / f_4 < 2$

【0146】

【発明の効果】本発明によれば、ビデオカメラやステレオビデオカメラ等に適した小型で高い光学性能を有するズームレンズを実現出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のズームレンズの実施例 1 の断面図

【図 2】本発明のズームレンズの実施例 2 の断面図

【図 3】本発明のズームレンズの実施例 3 の断面図

【図 4】本発明のズームレンズの実施例 4 の断面図

【図 5】本発明のズームレンズの実施例 5 の断面図

【図 6】本発明のズームレンズの実施例 6 の断面図

【図 7】本発明の実施例 1 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 8】本発明の実施例 1 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 9】本発明の実施例 1 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 10】本発明の実施例 1 の無限遠物点 1000mm における広角端での収差曲線図

【図 11】本発明の実施例 1 の無限遠物点 1000mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 12】本発明の実施例 1 の無限遠物点 1000mm における望遠端での収差曲線図

【図 13】本発明の実施例 2 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 14】本発明の実施例 2 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 15】本発明の実施例 2 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 16】本発明の実施例 2 の無限遠物点 1000mm における広角端での収差曲線図

【図 17】本発明の実施例 2 の無限遠物点 1000mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 18】本発明の実施例 2 の無限遠物点 1000mm における望遠端での収差曲線図

【図 19】本発明の実施例 3 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 20】本発明の実施例 3 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 21】本発明の実施例 3 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 22】本発明の実施例 3 の無限遠物点 1000mm における広角端での収差曲線図

【図 23】本発明の実施例 3 の無限遠物点 1000mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 24】本発明の実施例 3 の無限遠物点 1000mm における望遠端での収差曲線図

【図 25】本発明の実施例 4 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 26】本発明の実施例 4 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 27】本発明の実施例 4 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 28】本発明の実施例 4 の無限遠物点 1000mm における広角端での収差曲線図

【図 29】本発明の実施例 4 の無限遠物点 1000mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 30】本発明の実施例 4 の無限遠物点 1000mm における望遠端での収差曲線図

【図 31】本発明の実施例 5 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 32】本発明の実施例 5 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 33】本発明の実施例 5 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 34】本発明の実施例 5 の無限遠物点 1000mm における広角端での収差曲線図

【図 35】本発明の実施例 5 の無限遠物点 1000mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 36】本発明の実施例 5 の無限遠物点 1000mm における望遠端での収差曲線図

【図 3 7】本発明の実施例 6 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 3 8】本発明の実施例 6 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

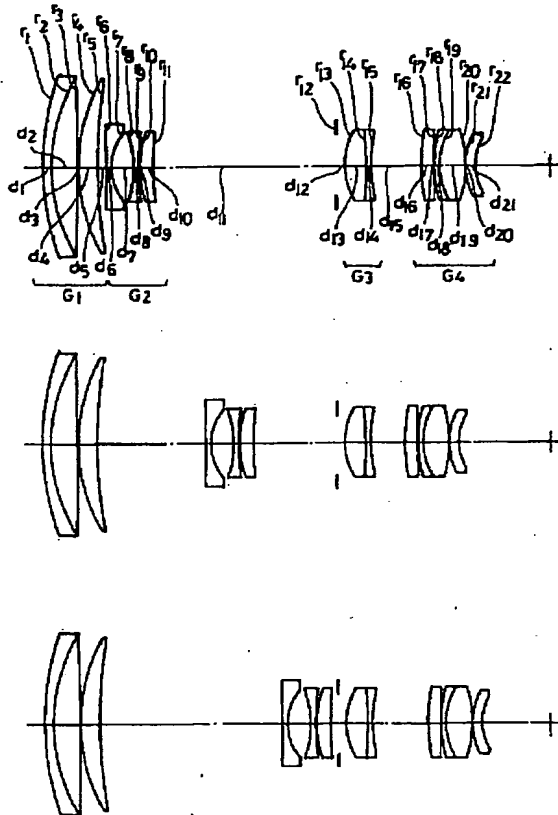
【図 3 9】本発明の実施例 6 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 4 0】本発明の実施例 6 の無限遠物点 1000mm における広角端での収差曲線図

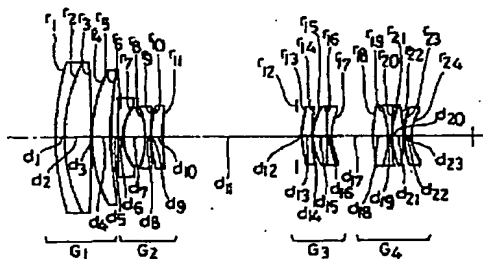
【図 4 1】本発明の実施例 6 の無限遠物点 1000mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 4 2】本発明の実施例 6 の無限遠物点 1000mm における望遠端での収差曲線図

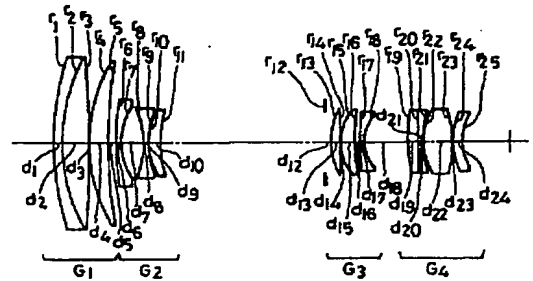
【図 1】



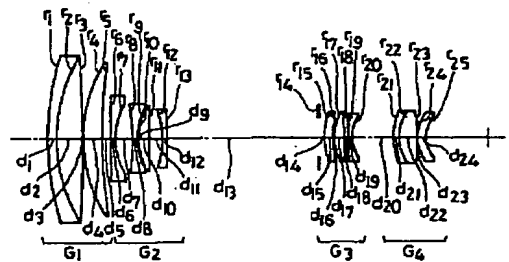
【図 3】



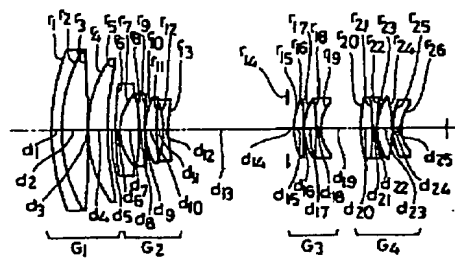
【図 2】



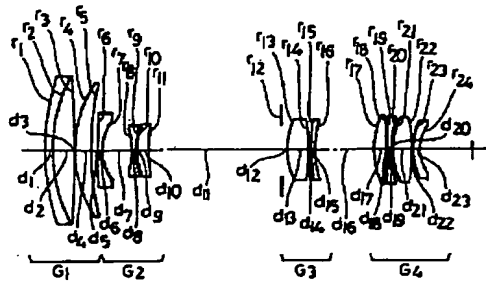
【図 5】



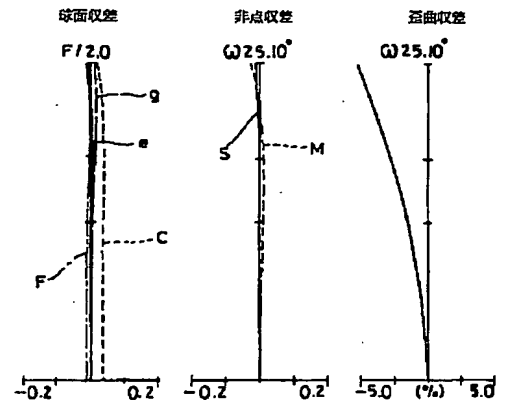
【図 4】



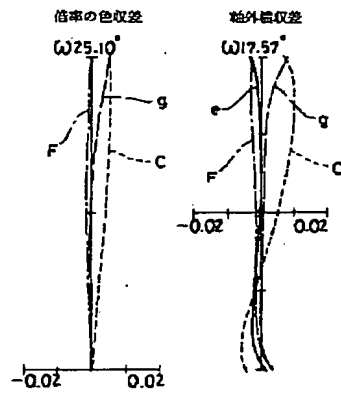
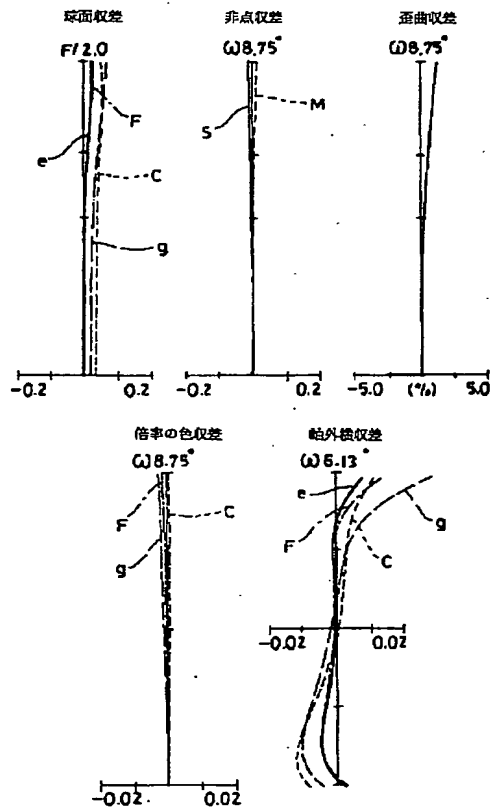
【図6】



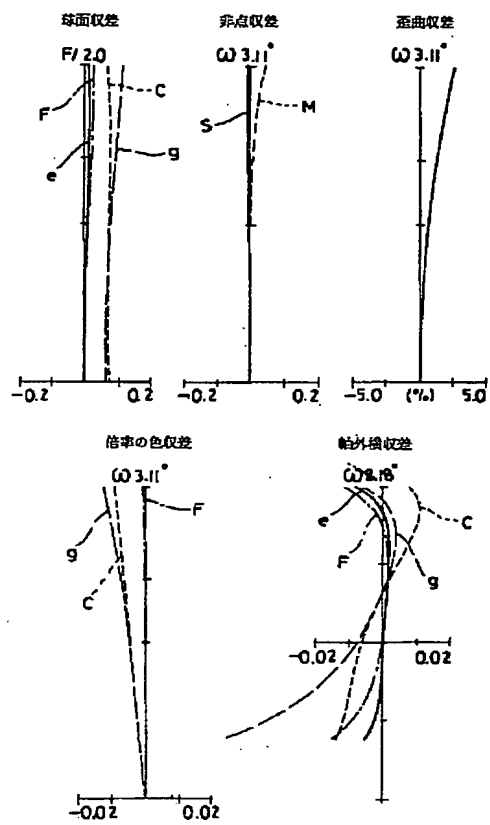
【図7】



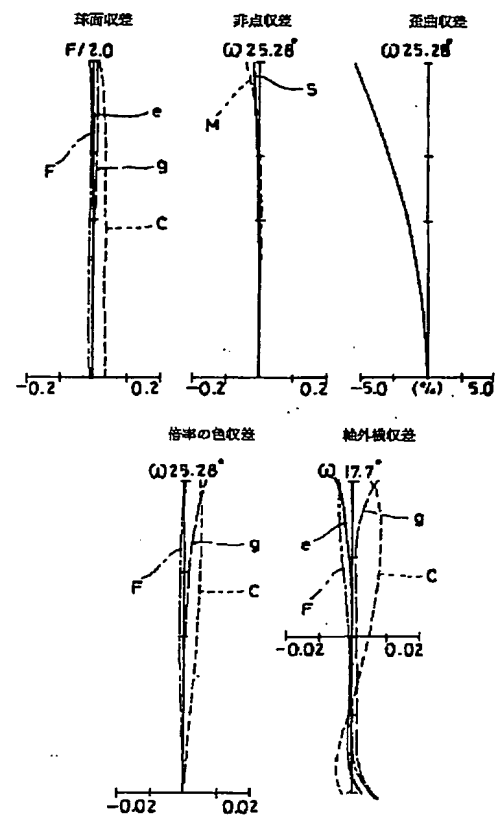
【図8】



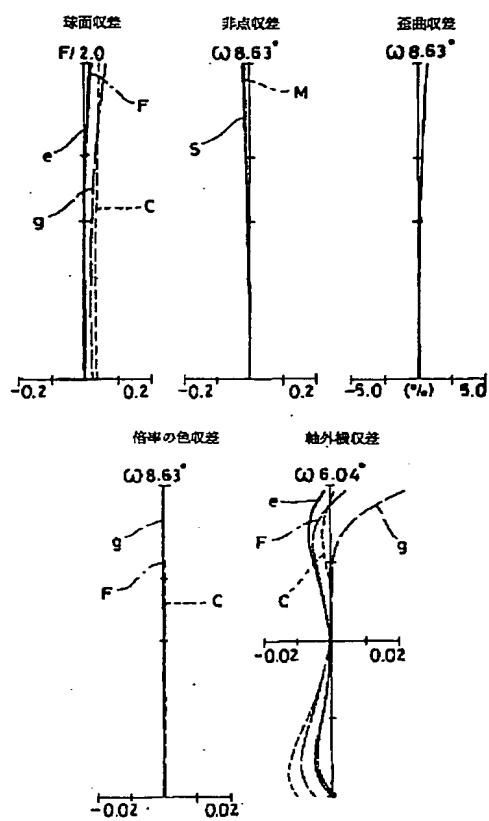
【図9】



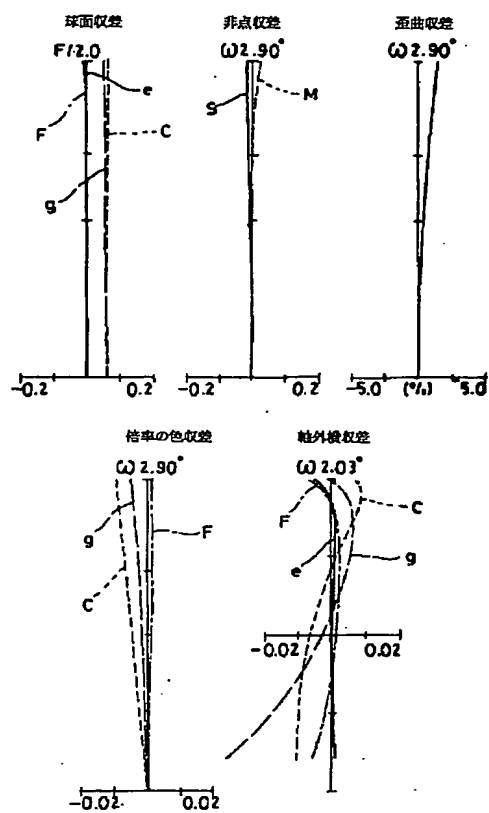
【図10】



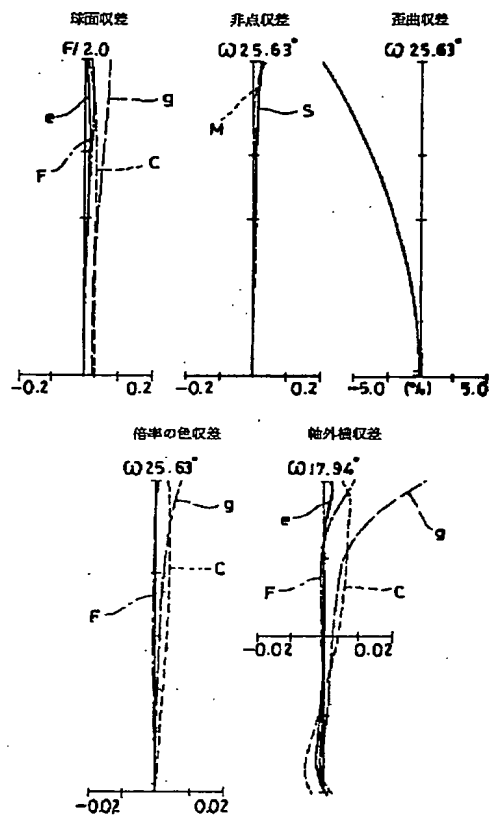
【図 11】



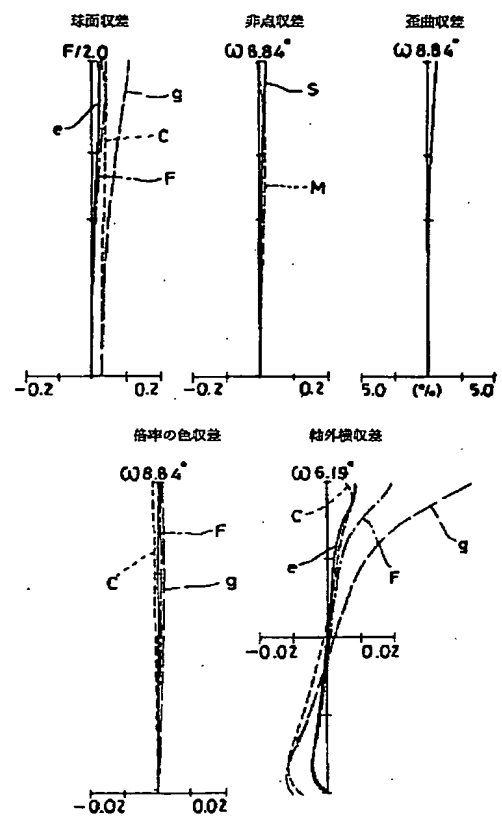
【図 12】



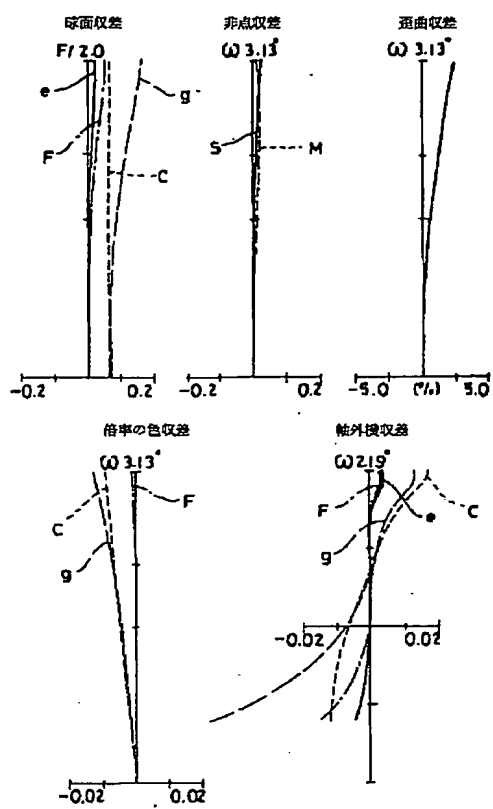
【図 13】



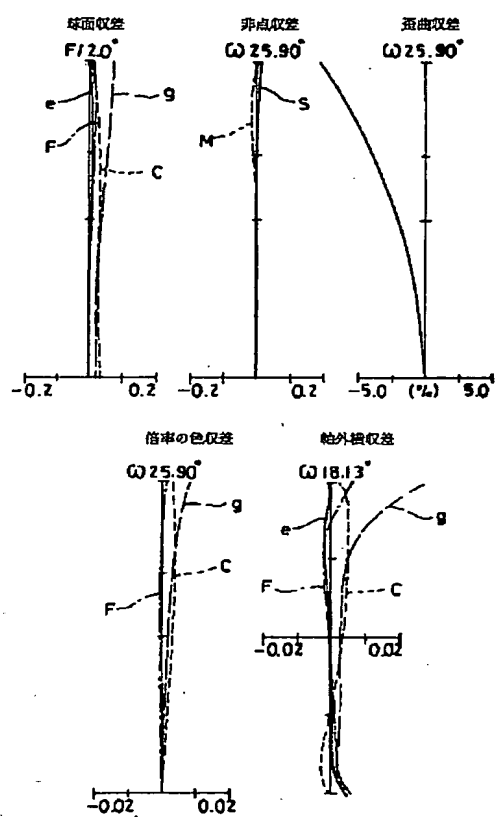
【図 14】



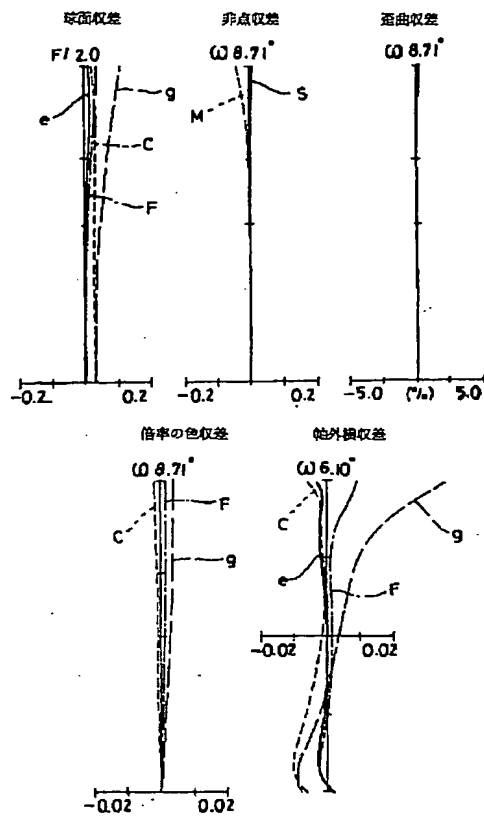
【図 15】



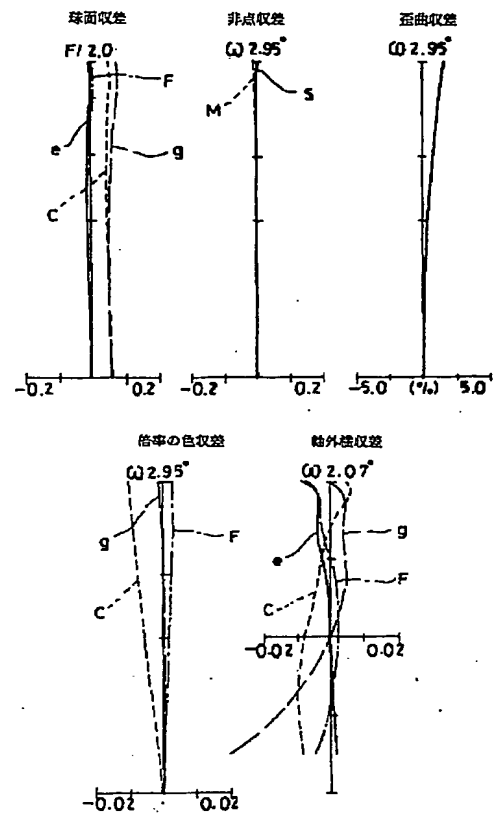
【図 16】



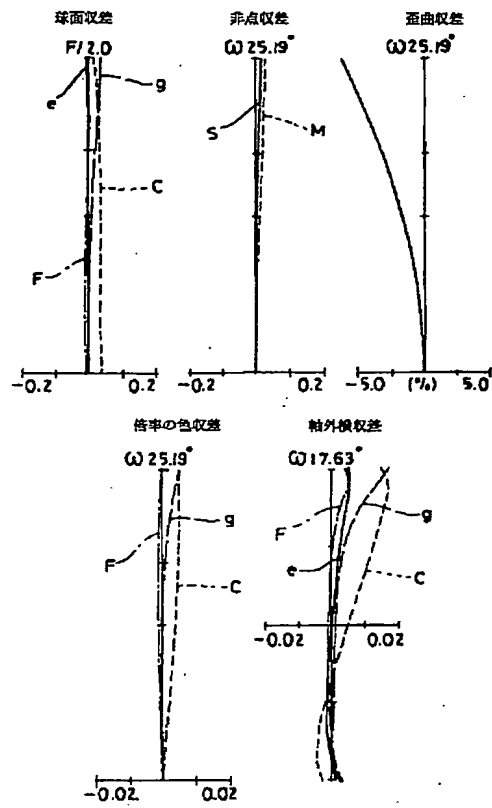
【図 17】



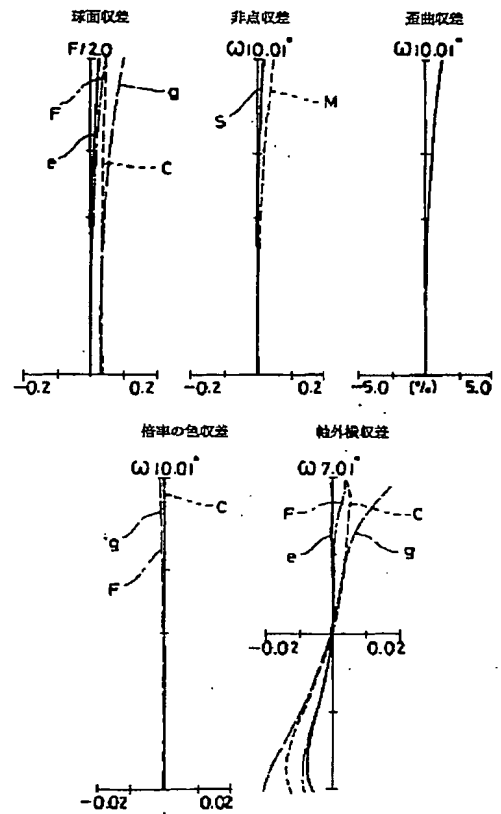
【図 18】



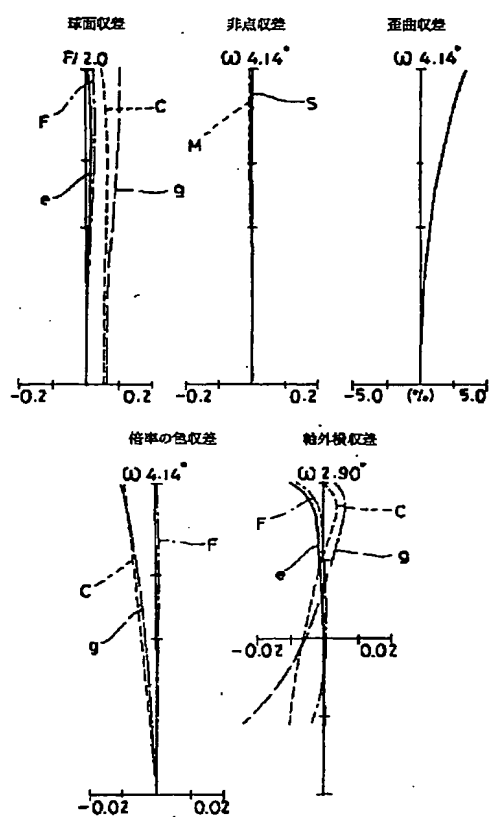
【図 19】



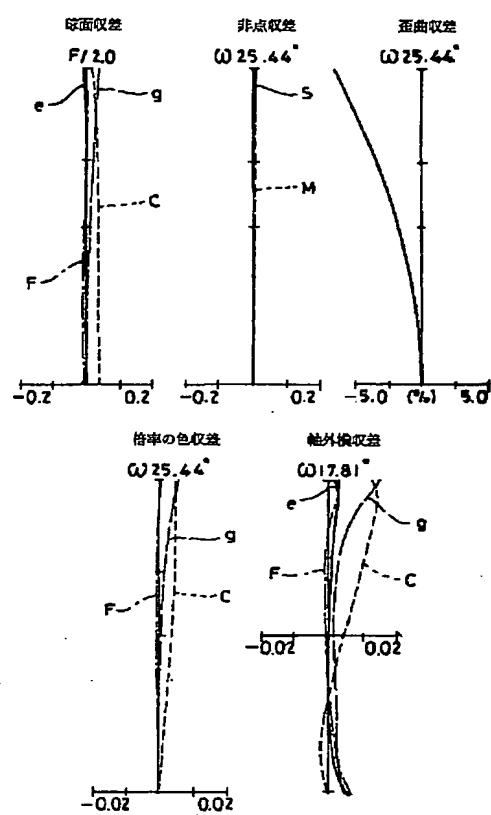
【図 20】



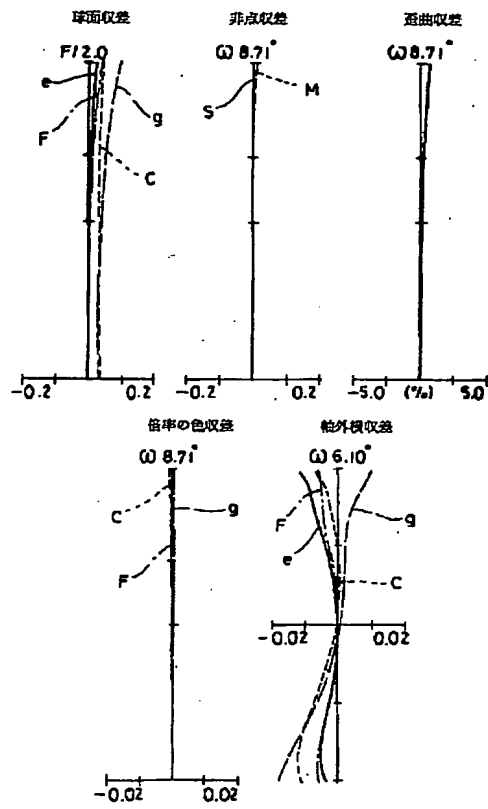
【図21】



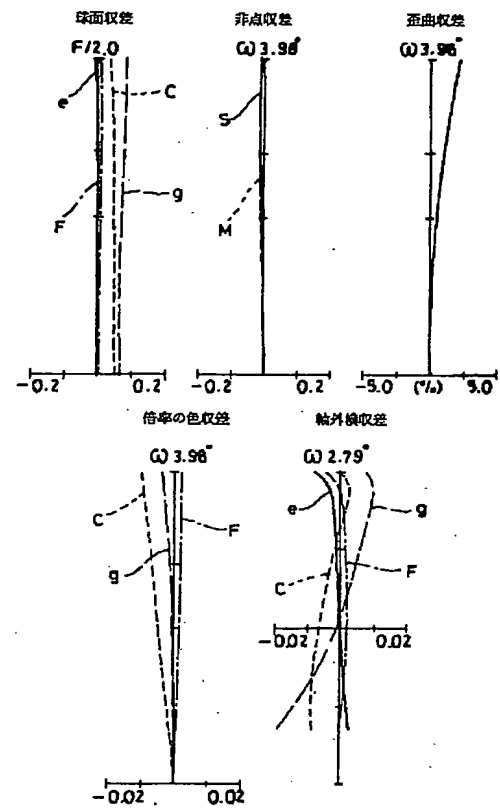
【図22】



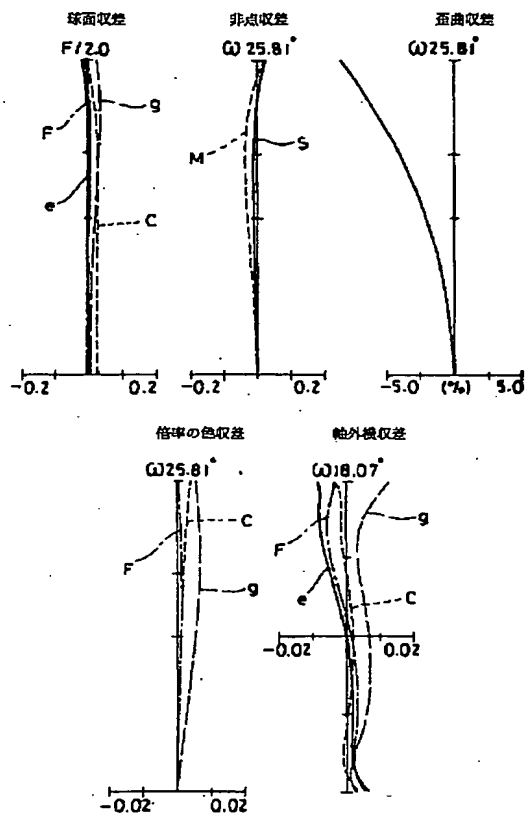
【図 23】



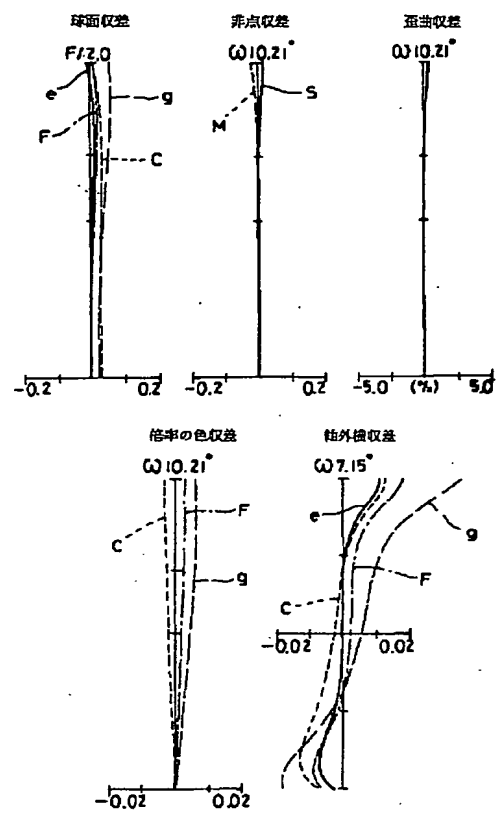
【図 24】



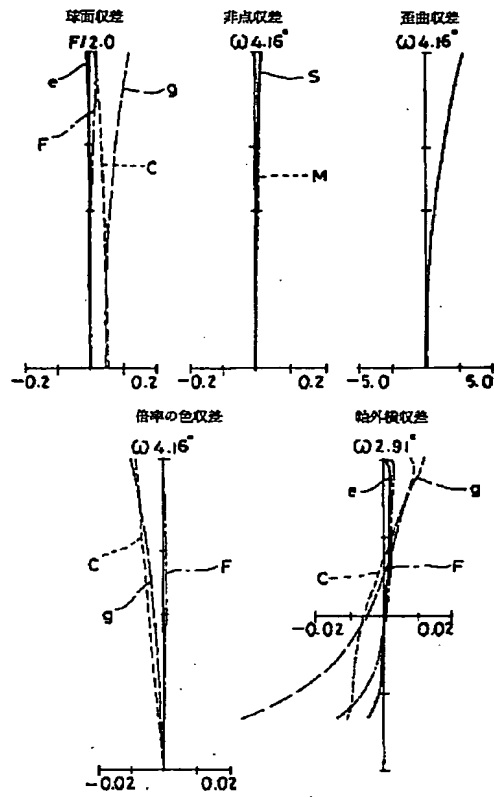
【図25】



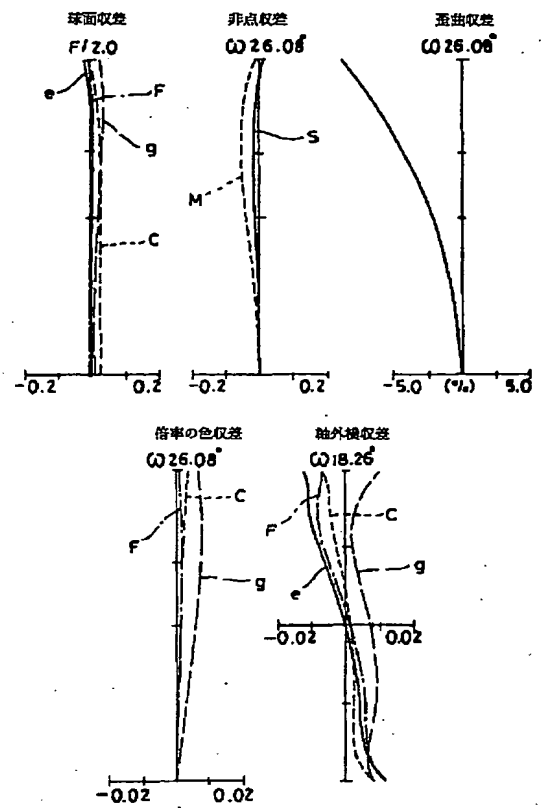
【図26】



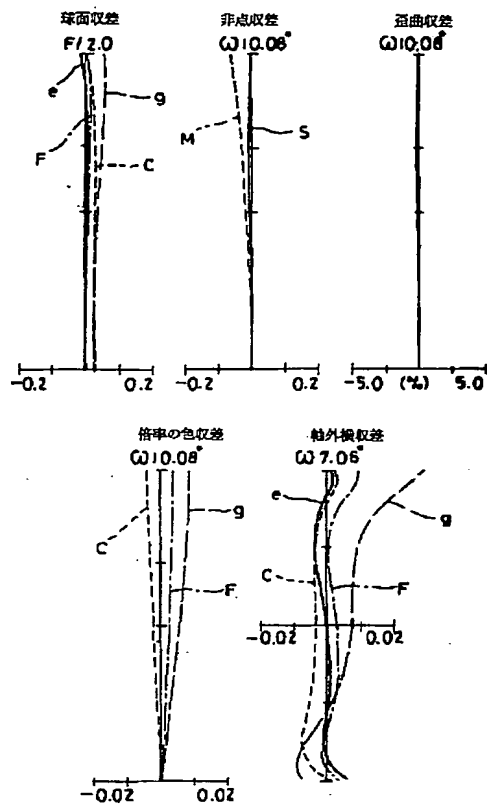
【図27】



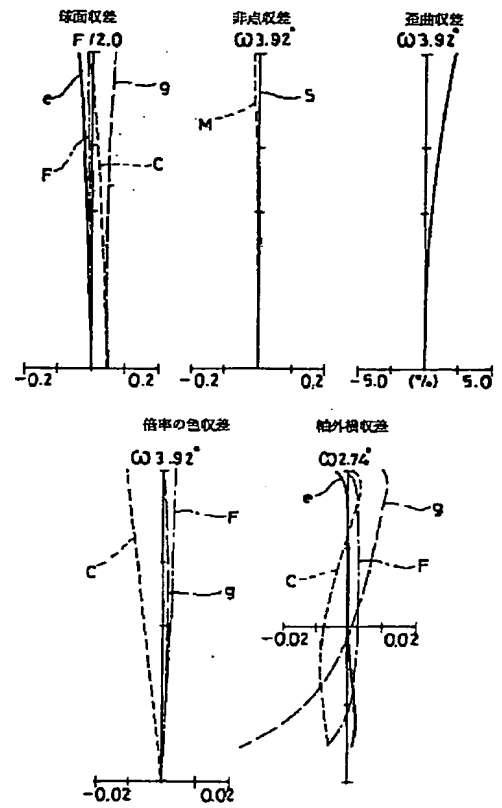
【図28】



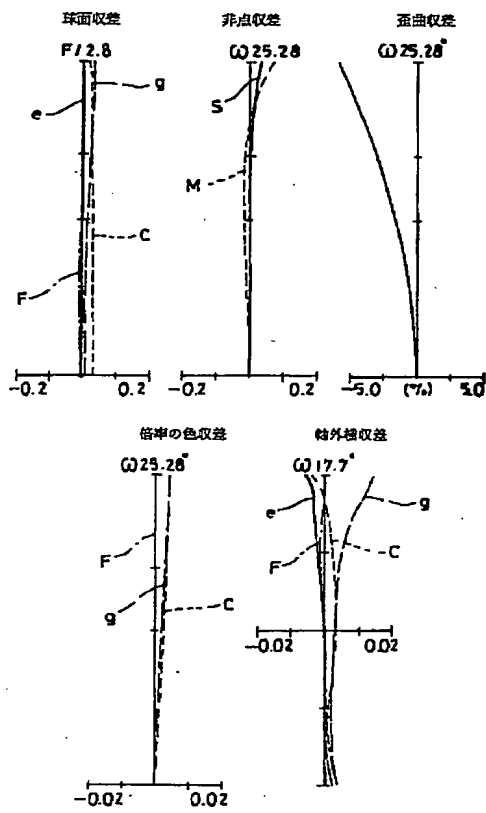
【図29】



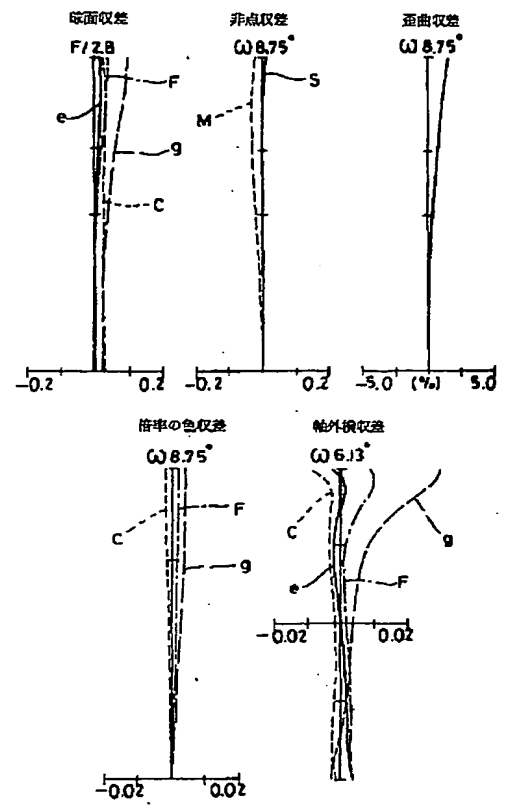
【図30】



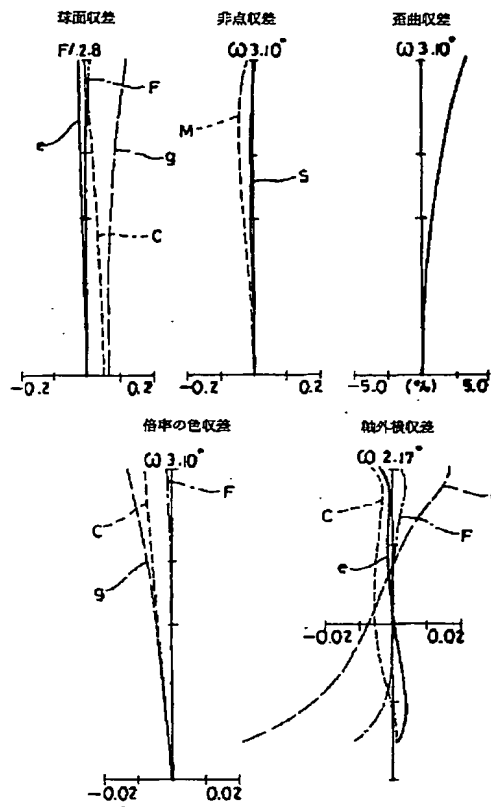
【図31】



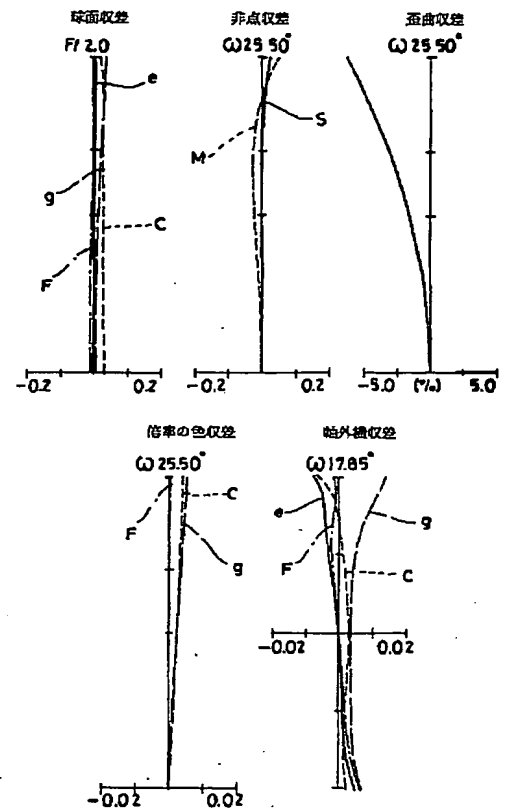
【図32】



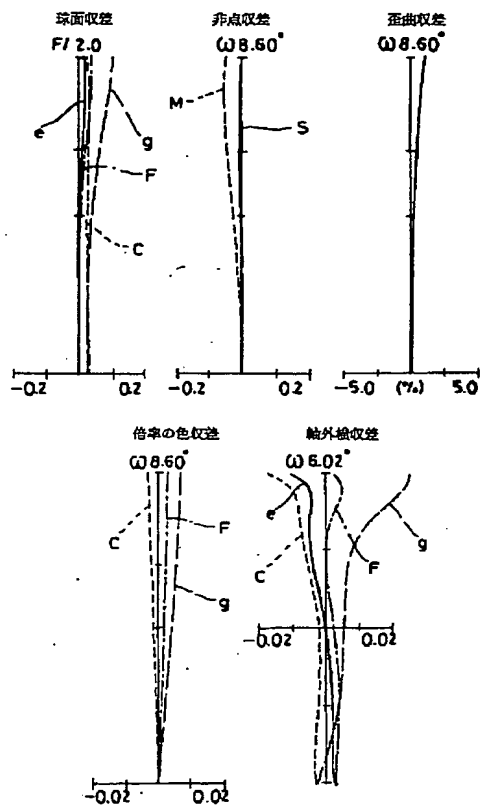
【図33】



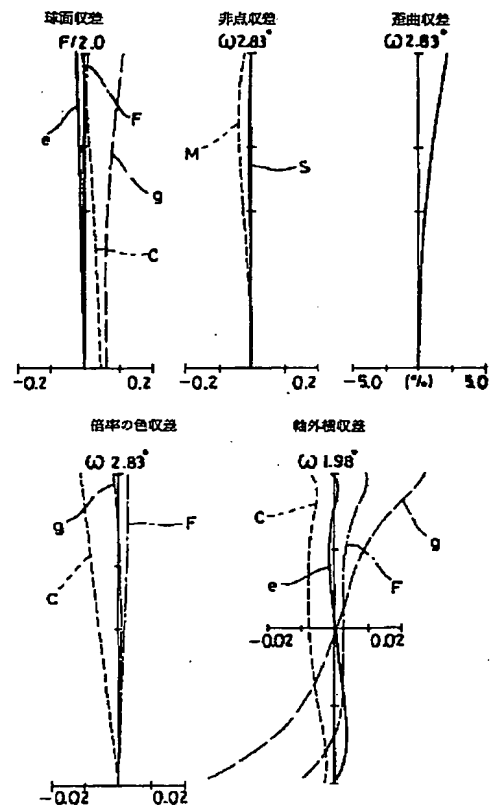
【図34】



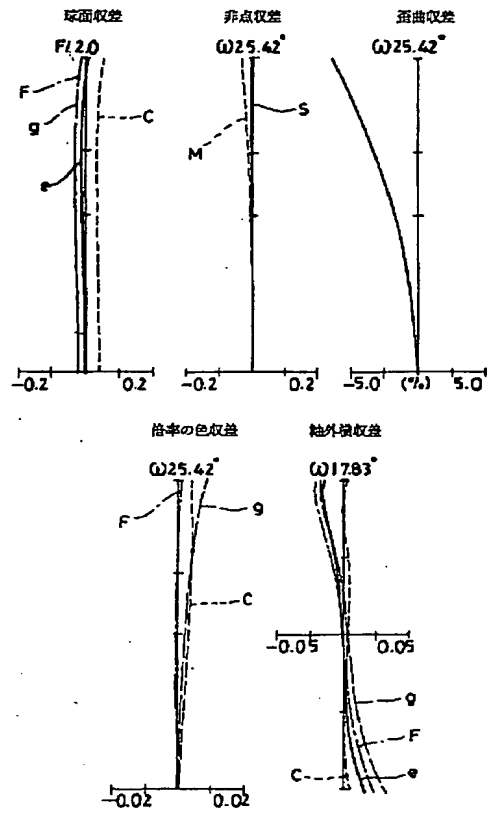
【図 35】



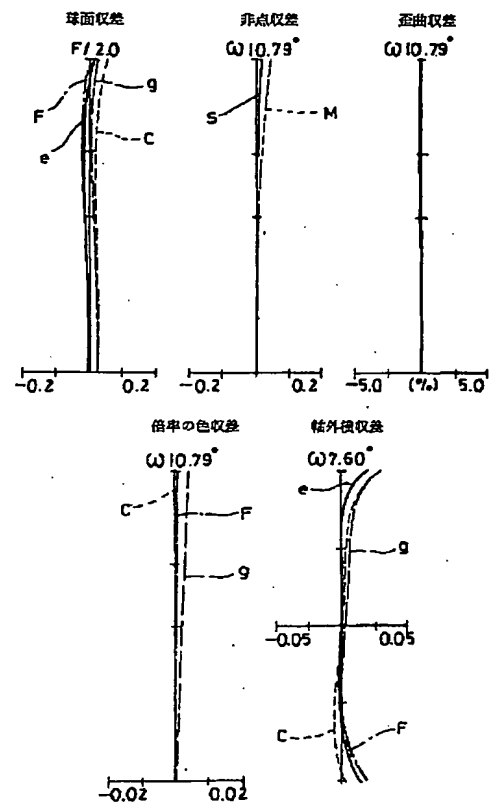
【図 36】



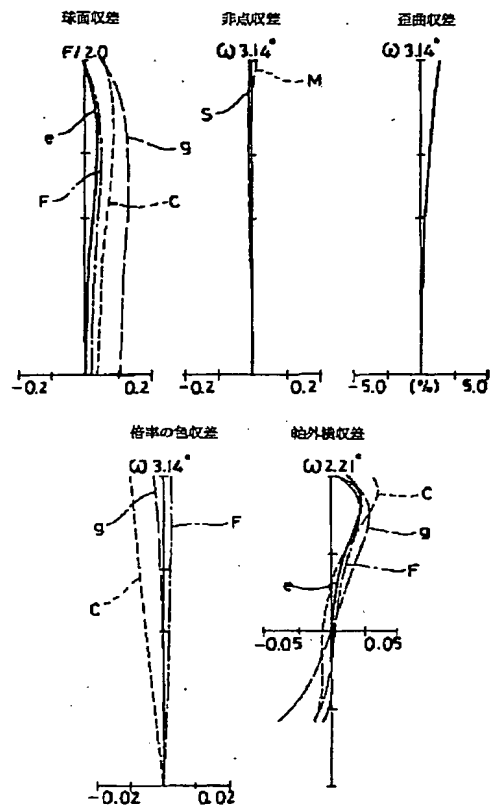
【図 37】



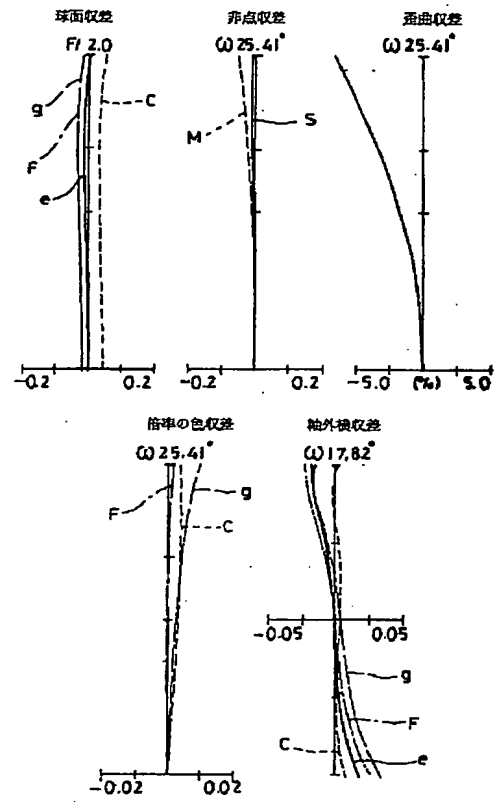
【図 38】



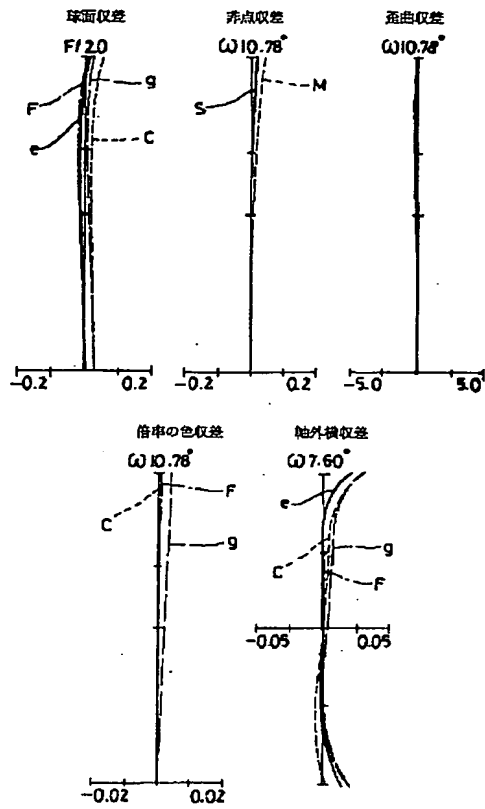
【図 39】



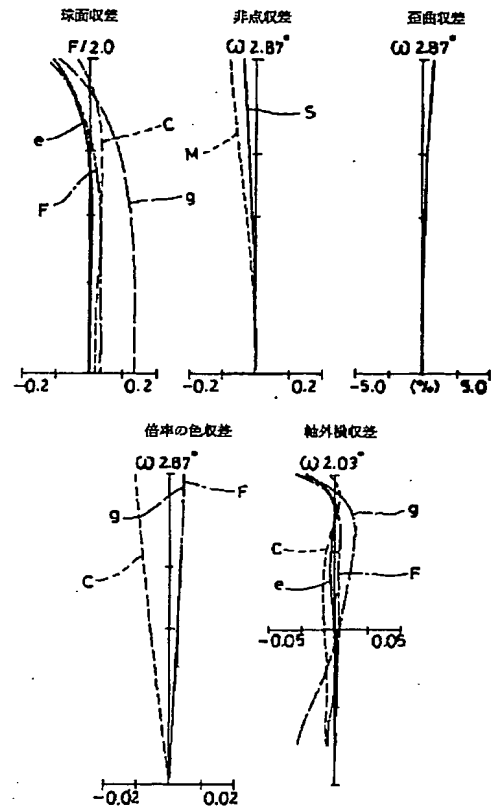
【図 40】



【図41】



【図42】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
【部門区分】第6部門第2区分
【発行日】平成13年11月9日(2001. 11. 9)

【公開番号】特開平8-160300
【公開日】平成8年6月21日(1996. 6. 21)
【年通号数】公開特許公報8-1603
【出願番号】特願平6-331419
【国際特許分類第7版】

G02B 15/16
13/18

【F1】
G02B 15/16
13/18

【手続補正書】
【提出日】平成13年3月14日(2001. 3. 14)

【手続補正1】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】請求項1
【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力を持ちズームの際可変で主として変倍作用を有している第2レンズ群と正の屈折力を持ちズームの際固定の第3レンズ群と前記第3レンズ群よりも像側に位置するレンズ群とからなり、前記第3レンズ群が少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズにて構成され、最も像側のレンズ群が少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成され、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、下記の条件(1)、(2)を満足するズームレンズ。

- (1) $-2.0 < f_2 / f_W < -1.0$
(2) $1.2 < \nu_p / \nu_n$

ただし、 f_2 は第2レンズ群の焦点距離、 f_W は広角端における全系の焦点距離、 ν_p は最も像側のレンズ群中の少なくとも1枚の正レンズのアッベ数、 ν_n は最も像側のレンズ群の少なくとも1枚の負レンズのアッベ数である。

【手続補正2】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0002
【補正方法】変更
【補正内容】

【0002】

【従来の技術】ビデオカメラの小型、高機能化およびCCD等の撮像素子の微細化に伴い、レンズ系においても、小型、高変倍化および結像性能の高性能化が要求さ

れる。

【手続補正3】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0004
【補正方法】変更
【補正内容】

【0004】上記の従来のズームレンズを含めズームレンズは、一般にズームの際の収差変動を少なくするために、各レンズ群単独で収差が良好に補正されていることが望ましい。しかし上記の従来例は、いずれもレンズ系が小型であるために各レンズ群の屈折力を強くしているために各レンズ群で発生する諸収差を良好に補正しきれず、CCD等の撮像素子の微細化にともなって求められる高性能な像が得られない。特に、レンズ系の全長を短くするために、最も変倍に寄与している第2レンズ群の屈折力を強くしてズームの際のこの第2レンズ群の移動距離を短くしており、第2レンズ群で発生する諸収差が大になり又ズームに伴う収差変動が大である。

【手続補正4】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0010
【補正方法】変更
【補正内容】

【0010】条件(1)の上限値の-1.0を越えると第2レンズ群の屈折力が強くなり、このレンズ群で発生する諸収差特に球面収差、軸上色収差の値が大になりズームに伴う収差変動が大になる。また下限の-2.0を越えると第2レンズ群の屈折力が弱くなりズームの際のこのレンズ群の移動量が大きくなりレンズ系の全長を短く出来ない。

【手続補正5】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】更に、ベッツパール和の補正効果を持つ負レンズを、前述のように凹面を像側に向けたメニスカス形状にし、マージナル光線の光線高が比較的低い最も像側に配置することが望ましい。このようにすれば、球面収差やコマ収差を悪化させずにベッツパール和を良好に補正することが出来る。もし、この負レンズが凹面を物体側へ向けたメニスカス形状あるいは両凹形状であると特に高次の球面収差、コマ収差が悪化し好ましくない。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】また、上記のような構成にした第4レンズ群に、ズームの際の像面位置のずれを補正する作用を持たせることが望ましい。この第4レンズ群はレンズ群単独でベッツパール和と軸上色収差を良好に補正し得ることに加えて、第3レンズ群からのほぼアフォーカルな光束が入射するので、このレンズ群にコンベンセータの作用を持たせれば、収差変動を極めて小さくすることが出来る。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】そのため、上記のような本発明の第2の構成では、最も少ないレンズ群で、高性能で小型なズームレンズになし得る。また、このようにレンズ系を構成するレンズ群の数が少ないので、鏡枠構造が簡単になり、レンズ群の偏芯を小さくする点で有利である。特に高性能なズームレンズを達成するためには、レンズ群の偏芯を小さくする必要があり、レンズ系を構成するレンズ群の数が少ないことが望ましい。もし、レンズ系が5群構成や6群構成になると、レンズ群の偏芯が大きくなり高性能なレンズ系を達成することが困難になる。また3群構成では、高性能なレンズ系を達成することが困難である。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】また本発明のレンズ系は、特に第2レンズ群より像側のレンズ群をコンパクトな構成にして本発明の目的を達成するためにこれらレンズ群の屈折力を強くし、これによって最も像側のレンズ群にて発生するベッツパール和と軸上色収差の補正が困難になる。そのため

に、第4レンズ群の構成を、主としてベッツパール和の補正作用を持つ最も像側の負レンズと、このレンズ群で発生する軸上色収差を良好に補正するためアッペ数差を大にしトータルで正の屈折力を持つ正レンズと負レンズとに構成している。第4レンズ群をこのような構成にすることによってベッツパール和と軸上色収差を悪化させずにこのレンズ群の屈折力を強くすることが可能になる。しかし、このレンズ群の正の屈折力が強くなると、この第4レンズ群で発生する負の球面収差が大になる。この球面収差を良好に補正するには、第4レンズ群を少なくとも2枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成し、最も像側のレンズが負レンズであることが望ましい。つまり、第4レンズ群を構成する1枚の正レンズと1枚の負レンズのアッペ数差が大で、トータルで正の屈折力を持つように組合わせることにより、主としてこのレンズ群の軸上色収差をコントロールし、最も像側の負レンズにてベッツパール和を補正し、加えて正レンズを少なくとも2枚用いることにより、このレンズ群で発生する正の球面収差を良好に補正することが可能である。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正内容】

【0039】本発明のレンズ系は、第2レンズ群より像側の各レンズ群の屈折力を強くしてレンズ系の全長を短くすることを目的としている。しかし最も像側のレンズ群は、結像作用を有して比較強い正の屈折力を持っており、特に正レンズで発生する負の球面収差が大になる傾向にあり、均質球面レンズのみではこれを良好に補正することが困難になる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正内容】

【0052】条件(6)は、本発明のレンズ系をコンパクトな構成にし、かつ広角端から望遠端まで高い結像性能にするための条件である。条件(6)の上限の0.5を超えると第2レンズ群より像側のレンズ群の合成の屈折力が弱くなり、レンズ系の全長を短くすることが困難になる。また下限の0.2を超えると第2レンズ群より像側のレンズ群の合成の正の屈折力が大になり、特にこれらレンズ群で発生する球面収差、ベッツパール和が大になり、レンズ系全系のズームにともなう収差変動が大になる。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正内容】

【0057】

(8) $-0.3 < f_2 / f_T < -0.1$

条件(8)の下限の -0.3 を超えると第2レンズ群の屈折力が弱くなり全長の短いレンズ系を得ることが困難になる。もし上限の -0.1 を超えると第2レンズ群の屈折力が強くなり、特にこのレンズ群で発生する軸上色収差、球面収差の補正が困難になる。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正内容】

【0099】また、第4レンズ群を物体側に繰り出して

至近距離物点へのフォーカシングを行なっている。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0122

【補正方法】変更

【補正内容】

【0122】実施例6は、図6に示す構成であって、ズームングの際固定である正の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、負の屈折力を持ちズームングに際して光軸上を前後に移動して主として変倍作用を有する第2レンズ群G2と、ズームングの際に固定で正の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持ちズームングに際して可動で主として変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を有する第4レンズ群G4とからなっている。